



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Análisis de los temporales marítimos e impactos costeros en la Costa Cantábrica

Trabajo realizado por:
Ana Gómez Coma

Dirigido:
Melisa Menéndez García

Titulación:
Máster en Costas y Puertos

Santander, septiembre de 2020

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

TÍTULO DEL TFM

Análisis de los temporales marítimos e impactos costeros en la Costa Cantábrica

AUTORA

Ana Gómez Coma

DIRECTORA

Melisa Menéndez García

CONVOCATORIA

Septiembre de 2020

PALABRAS CLAVE

Temporal marítimo, evento extremo, oleaje, infraestructuras, Cantábrico, impacto, costa

RESUMEN

El presente trabajo se centra en los temporales marítimos acaecidos en el litoral costero de la zona norte de España a partir de datos met-oceánicos históricos recogidos durante 3 décadas (1985 – 2014) en 16 ubicaciones del litoral.

Por un lado, se ha recopilado la información procedente de diversas fuentes (medios de comunicación, informes del Consorcio de Seguro, etc), con el fin de datar, localizar y obtener información detallada de aquellos eventos que han tenido mayor impacto en la sociedad.

Por otro lado, a partir de las bases de datos históricas proporcionadas (oleaje, marea astronómica y meteorológica y viento) se han caracterizado los eventos extremos, seleccionando estos mediante excedencias sobre un umbral y analizando sus propiedades para diferentes parámetros del estado de mar (altura de ola significativa, periodo, duración del evento, etc). Se ha realizado una clasificación de los temporales empleando técnicas de minería de datos, consiguiendo agrupar los mismos en base a 3 parámetros fundamentales. El análisis de los datos de las estaciones ha permitido, de la

misma manera, realizar una división de la zona analizada en 3 áreas en función de la tipología de dichas estaciones obteniendo resultados característicos y diferenciadores de las zonas. Esto, a su vez, ha permitido analizar los temporales de una manera diferenciada en función de la zona de afección. También se ha estimado el régimen extremal para las ubicaciones de estudio y se ha evaluado el periodo de retorno asociado a los temporales de mayor intensidad históricos.

Por último, se ha evaluado el impacto costero de los temporales marítimos a través de un análisis estadístico de la cota de inundación (añadiendo al nivel del mar la componente asociada al oleaje) y del daño sobre estructuras de defensa costera (diques en talud). Para evaluar el daño, se ha aplicado la formulación de Van de Meer para los peores temporales, cuantificando el efecto destructivo producido por los eventos en las estructuras. Se han obtenido resultados claros y concluyentes de afección que permiten afirmar la correlación existente entre los datos registrados por las estaciones y la hemeroteca analizada.

TITLE

Wind-wave storms along the Cantabrian Sea and associated coastal impacts

AUTHOR

Ana Gómez Coma

DIRECTOR

Melisa Menéndez García

DATE

September 2020

KEYWORDS

Maritime storm, storms, extreme event, waves, damage, infrastructures

ABSTRACT

This work is an analysis of the incidence of coastal phenomena on the coast of northern Spain based on historical data of waves and wind collected over 3 decades (1985 - 2014) from 16 coastal stations.

Based on the results obtained, a classification of the storms has been made using data analysis techniques and managing to group them based on 3 fundamental parameters. The analysis of the data from the stations has also made it possible to divide the area analysed into 3 areas according to the typology of these stations, obtaining results that are characteristic of and differentiate the areas. This, in turn, has allowed the analysis of the storms in a differentiated way according to the area of affection.

In an effort to apply a practical and socially perceptible component to the work carried out, newspaper libraries from various media have been analysed to find similarities with the main coastal phenomena detected through the models used and the perception that society has had of the events that have occurred.

Finally, and by applying Van de Meer's formulation, the damage caused by the worst storms recorded by both the stations analysed and the data collected by the media analysed, which in most cases coincide, has been analysed in order to quantify the destructive effect produced by the events on the structures. Clear and conclusive results have been obtained which allow us to affirm the correlation between the data recorded by the stations and the newspaper library analysed.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias a Melisa Menéndez por la oportunidad de haber realizado bajo su dirección este Trabajo de Fin de Máster con el que tanto he aprendido.

Además, en un momento en el que culmino otra fase de mi vida universitaria también me gustaría agradecer su apoyo a las siguientes personas:

A Juan, por su colaboración con la traducción al inglés del resumen de este documento.

A mis padres, Gema y Eloy, a Mari Paz, a mi hermana Lucía, a Ismail y a Chelo.

Y, sobre todo, a Andrés, por toda su ayuda con este trabajo, especialmente con la parte que a programación respecta, pero también por el camino recorrido juntos y el que aún nos falta por recorrer.

En memoria de Andrés y de mi abuela Lola.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Introducción al tema de estudio.....	8
1.2. Antecedentes	8
1.3. Objetivos	11
2. BASES DE DATOS Y ÁREA DE ESTUDIO	12
2.1. Área de estudio.....	12
2.2. Bases de datos regionales.....	14
2.2.1. Vientos (SeaWind)	14
2.2.2. Oleaje offshore (GOW2) y oleaje costero (DOW)	15
2.2.3. Nivel del mar (GOT y GOS).....	17
3. ANÁLISIS DE LOS EVENTOS DE TEMPORALES MARÍTIMOS.....	20
3.1. Análisis de los temporales de mayor impacto.....	20
3.1.1. Determinación de los temporales y su duración.....	20
3.1.2. Análisis de la altura del oleaje	21
3.1.3. Análisis del periodo pico.....	35
3.1.4. Análisis de la duración de los temporales	36
3.1.5. Agrupación de los tipos de temporales.....	37
3.2. Análisis estadístico extremal.....	42
3.3. Hemeroteca sobre los temporales y sus impactos.....	46
4. ASOCIACIÓN DE IMPACTOS COSTEROS.....	48
4.1. Análisis de la evolución histórica de la cota de inundación.	48
4.2. Estudio de variabilidad climática en el daño a infraestructuras.....	54

5. CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA	59
Anexo 1: Análisis extremal del oleaje con POT	62
Anexo 2: Base de datos de registros anuales.....	64
Anexo 3: Base de datos de registros anuales.....	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Desperfectos en el paseo marítimo de El Sardinero (Fuente: Esteban Cobo (Agencia EFE) para El Diario Montañés).....	9
Figura 2: Casas con importantes daños en Somo (Cantabria) (Fuente: El Faradio)	10
Figura 3: Regiones climáticas de España	12
Figura 4: Puntos seleccionados para el estudio	13
Figura 5: Rejilla de datos GOW2 en el litoral norte de España	15
Figura 6: Puntos objetivo de estudio y mallas GOW2 y GOS (Fuente: IH Cantabria)	16
Figura 7: Diagrama de barras con los umbrales de altura de ola significativa.....	20
Figura 8: Diagrama de barras con el número de estaciones que registra cada evento. .	21
Figura 9: Matriz de correlación entre estaciones en función de la coincidencia de los eventos registrados.....	22
Figura 10: Matriz de correlación entre estaciones en función de las alturas de ola significativas	23
Figura 11: Umbral agrupado para cada grupo de estaciones	24
Figura 12: Máxima duración de eventos registrados para cada año y grupo de estaciones	25
Figura 13: Número de eventos en función del umbral para cada año y grupo de estaciones.....	26
Figura 14: Boxplot con alturas de ola significativa por meses para cada estación	28
Figura 15: Medianas de la altura de ola significativa para las estaciones del Atlántico	29
Figura 16: Medianas de la altura de ola significativa para las estaciones del Cantábrico	30
Figura 17: Medianas de la altura de ola significativa para las estaciones del Golfo de Vizcaya.....	30

Figura 18: Umbral de Hs para las estaciones de Langosteira y Riazor	31
Figura 19: Umbral de Hs para las estaciones de Bermeo y San Sebastián.....	32
Figura 20: Umbral de Hs para las estaciones de Tapia, Avilés, Llanes y Santander	33
Figura 21: Altura de ola significativa en el invierno de 2014 en las estaciones del Atlántico	33
Figura 22: : Altura de ola significativa en el invierno de 2014 en las estaciones del Cantábrico	34
Figura 23: Altura de ola significativa en el invierno de 2014 en las estaciones del Golfo de Vizcaya.....	34
Figura 24: Periodo pico de los eventos en las estaciones de Langosteira y Riazor.....	35
Figura 25: Periodo pico de los eventos en las estaciones de Bermeo y San Sebastián .	36
Figura 26: Periodo pico de los eventos en las estaciones de Tapia, Avilés, Llanes y Santander	36
Figura 27: Boxplot con duración de los eventos y localidades.....	37
Figura 28: Representación de las componentes principales de los temporales en función de la estación	38
Figura 29: Histogramas de las principales componentes de los temporales	39
Figura 30: Comparativa de las principales componentes de los temporales en función de la estación	40
Figura 31: Curva de Elbow para calcular el número idóneo de clústeres	41
Figura 32: Gráfico de dispersión 3D de los principales componentes de los temporales	42
Figura 33: Proyecciones 2D de los principales componentes de los temporales	42
Figura 34: Representación de Hs para el periodo de retorno de 100 años para cada estación	44
Figura 35: Representación de la máxima Hs registrada en cada estación	45

Figura 36: Representación del periodo de retorno asociado a la máxima Hs de cada estación	45
Figura 37: Representación de la cota de inundación (TWL) como suma de tres componentes (Fuente: IH Cantabria).....	48
Figura 38: Representación de TWL para el periodo de retorno de 100 años para cada estación	49
Figura 39: Representación del máximo TWL para cada estación	51
Figura 40: Representación del periodo de retorno asociado al máximo TWL de cada estación	51
Figura 41: Eventos con periodo de retorno superior a 2 años en las estaciones del Atlántico	52
Figura 42: Eventos con periodo de retorno superior a 2 años en las estaciones del Cantábrico	53
Figura 43: Eventos con periodo de retorno superior a 2 años en las estaciones del Golfo de Vizcaya.....	53
Figura 44: Agrupación de los eventos en función del periodo de retorno registrado...	54
Figura 45: Daño acumulado en el dique de Llanes en el invierno de 2014.....	55
Figura 46: Daño acumulado en una selección de inviernos en el dique de Bermeo	55
Figura 47: Grieta originada en el dique durante el invierno de 2014 (Fuente: Cadena Ser)	56
Figura 48: Periodo de retorno para Hs en las estaciones del Atlántico	62
Figura 49: Periodo de retorno para Hs en las estaciones del Golfo de Vizcaya	63
Figura 50: Periodo de retorno para Hs en las estaciones del Cantábrico	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas puntos de estudio.....	14
Tabla 2: Coordenadas de los nodos empleados de la malla SeaWind	14
Tabla 3: Coordenadas de los nodos empleados de la malla GOW2.....	16
Tabla 4: Coordenadas de los nodos empleados de la malla DOW/ROW	17
Tabla 5: Coordenadas de los nodos empleados de la malla GOT	18
Tabla 6: Coordenadas de los nodos empleados de la malla GOS	19
Tabla 7: Máxima Hs, fecha y periodo de retorno asociado para cada estación	44
Tabla 8: Máxima cota de inundación (TWL), fecha y periodo de retorno asociado para cada estación.....	50
Tabla 9: Registros anuales de la estación de Langosteira	64
Tabla 10: Registros anuales de la estación de Riazor	65
Tabla 11: Registros anuales de la estación de Cariño	66
Tabla 12: Registros anuales de la estación de Tapia	67
Tabla 13: Registros anuales de la estación de Luarca	67
Tabla 14: Registros anuales de la estación de Avilés	68
Tabla 15: Registros anuales de la estación de Candás	69
Tabla 16: Registros anuales de la estación de Ribadesella	69
Tabla 17: Registros anuales de la estación de Llanes.....	70
Tabla 18: Registros anuales de la estación de San Vicente	71
Tabla 19: Registros anuales de la estación de Liencres.....	72
Tabla 20: Registros anuales de la estación de Santander	72
Tabla 21: Registros anuales de la estación de Castro Urdiales	73

Tabla 22: Registros anuales de la estación de Bermeo	74
Tabla 23: Registros anuales de la estación de Zumaya	75
Tabla 24: Registros anuales de la estación de San Sebastián	75
Tabla 25: Hemeroteca sobre temporales e impactos	78

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción al tema de estudio

En los últimos años numerosos temporales marítimos han asolado las costas europeas. El norte de España no ha sido una excepción. En ella los daños generados por la altura del oleaje golpeando contra el litoral, acompañado de una subida del nivel del mar y de fuertes vientos han sido cuantiosos.

1.2. Antecedentes

En una nota de prensa del 24 de febrero de 2014 [1], el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (conocido en el pasado como MAGRAMA y actualmente dividido en Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio para la Transición Ecológica), declaraba que se ponían en marcha las obras para reparar los daños causados por los temporales del 1 y 2 de febrero de dicho año. Dichas obras estaban enmarcadas en el Real Decreto Ley aprobado por el Consejo de Ministros el 21 de febrero y contemplaban un presupuesto de 43,9 millones de euros, de los cuales 34,9 correspondían a actuaciones en la costa y 8,5 a reparaciones en materia de aguas. En el documento se hace referencia a grandes desperfectos en La Coruña, Lugo, Asturias, Cantabria (en concreto, en Laredo) y en Vizcaya.

Una búsqueda por la hemeroteca de la prensa de aquellas localidades que más sufrieron, así como de diversos periódicos de tirada nacional permiten ver la magnitud de los desperfectos causados, así como algunas características del temporal. En el caso de Cantabria, por ejemplo, se publicó que se alcanzaron rachas de viento de hasta 139 km/h [2]. En un recorte de prensa del momento se menciona cómo el sistema de boyas de Puertos del Estado había llegado a registrar olas de casi 13 metros en Estaca de Bares (La Coruña) y de 11 en Cabo Peñas (Asturias). En esa misma noticia se recogía que las estaciones de la Red de Mareógrafos de Puertos del Estados habían registrado elevados niveles del mar (incluso se señala que cercanos a los mayores históricos) en torno a las 6 de la mañana. Como ejemplo menciona el caso de Santander, donde la marea había subido hasta los 5,36 metros sobre el cero del puerto cuando el máximo desde que existían registros era de 5,38 en el año 1992 [3].

Más allá de las noticias redactadas en la prensa, donde los datos reales y contrastados proporcionados por fuentes relevantes se juntan con otros más subjetivos, existe información monetaria del nivel al que ascendieron los daños materiales generados por los temporales y que sirven para conocer la magnitud de estos. Un ejemplo de ello son las notas de prensa como la anteriormente señalada del MAGRAMA o la información facilitada por el Consorcio de Compensación de Seguros (en adelante CCS).

En un documento del año 2018, el CCS muestra en una tabla los grandes eventos (en función del importe registrado en euros) a fecha del 31 de diciembre de 2016. Según dicho cuadro los daños por inundación y embate del mar entre enero y febrero de 2014 en el Norte Peninsular generaron 1.327 reclamaciones y las indemnizaciones ascendieron a 21.700.399€ [4].

Las fotografías recogidas por distintos medios también son fuente fiable de los desperfectos. Por ejemplo, en la Figura 1 se puede ver la destrucción de un muro en el paseo marítimo de El Sardinero (Santander) así como un camión de bomberos, seguramente ayudando a achicar la lamina del agua sobre el vial.



Figura 1: Desperfectos en el paseo marítimo de El Sardinero (Fuente: Esteban Cobo (Agencia EFE) para El Diario Montañés)

El temporal de febrero no fue el único de 2014 que generó cuantiosos daños en la costa Cantábrica, así como en el Atlántico. Durante el mes de marzo otra gran tempestad marítima golpeó la costa norte de España generando grandes deterioros. En otra nota de prensa del Gabinete de prensa del MAGRAMA [5], se comunicaban nuevas actuaciones relativas a los daños del mes anterior a la vez que se evaluaba la nueva situación después del gran temporal que en los primeros días de marzo había golpeado otra vez al litoral.

De nuevo, las fotografías del momento ayudan a recordar los grandes desperfectos. Un ejemplo es el que se muestra en la Figura 2, en la que se pueden ver unas viviendas de Somo (Cantabria) ubicadas en primera línea de playa enormemente afectadas por el temporal. En dicho municipio el agua y la arena penetraron en el casco urbano llevándose por delante parte del mobiliario [6].



Figura 2: Casas con importantes daños en Somo (Cantabria) (Fuente: El Faradio)

Los temporales del año 2014 no han sido los últimos grandes eventos extremos que han generado desperfectos en la costa. En enero de 2018, de nuevo coincidiendo con la pleamar, un temporal marítimo causó numerosos daños en algunas localidades

como fue el caso de Laredo y Castro Urdiales en Cantabria [7]. Los noticiarios asturianos señalaban también importantes daños en el litoral de la comunidad, en especial en algunos puertos pequeños como los de Puerto de Vega, Lluarca, Llanes y Tazones, menos preparados para resistir a eventos extremos [8].

1.3. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Seleccionar distintos puntos de especial relevancia en cuanto a daños generados por los temporales más recientes en el litoral norte de España.
- Realizar un análisis de las series temporales de oleaje, periodo pico, marea meteorológica, marea astronómica y dirección del oleaje de los puntos seleccionados.
- Caracterizar los temporales ocurridos en los últimos años.
- Aplicar técnicas de clasificación para encontrar patrones en los temporales.
- Crear una base de datos de dichos temporales que reúna sus parámetros significativos.
- Calcular la cota de inundación de toda la serie histórica de la que se tiene información.
- Calcular los periodos de retorno de la serie histórica, así como los asociados a los máximos temporales.
- Calcular el daño acumulado en los diques de la zona de estudio durante el peor invierno del que se tienen registros.

2. BASES DE DATOS Y ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Área de estudio

El presente trabajo se centra en el estudio de los temporales marítimos comprendidos entre los años 1985 y 2014 (estos últimos también se incluyen) en el litoral norte de España, en concreto en las Comunidades de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco. De acuerdo con las regiones climáticas presentes en la Península Ibérica (Figura 3), esta zona se corresponde con un clima templado mediterráneo, en concreto Oceánico costero [9]. Este clima, se caracteriza por la suavidad de las temperaturas medias, alta pluviosidad y poca amplitud térmica debido a la influencia del océano Atlántico. De este océano proceden los vientos dominantes en esta zona así como las borrascas [10].



Figura 3: Regiones climáticas de España

Dentro del área de estudio, se han seleccionado 16 puntos coincidiendo con localidades ubicadas en el litoral y que al tratarse de asentamientos importantes resultan de especial relevancia de cara a los daños generados por temporales marítimos ya que en ellas hay diques, puertos, paseos marítimos, etc. Esto hace que sea más sencillo de contrastar el resultado del análisis de temporales con los datos recogidos en

diversos medios como, por ejemplo, periódicos, notas de prensa o compañías de seguros acerca de los daños originados.

Los 16 puntos seleccionados son Langosteira (La Coruña), Playa de Riazor (La Coruña), Cariño, Tapia, Luarca, Avilés, Candás, Ribadesella, Llanes, San Vicente, Liencres, Santander, Castro Urdiales, Bermeo, Zumaya y San Sebastián. Se muestran en el mapa de la Figura 4.



Figura 4: Puntos seleccionados para el estudio

En la Tabla 1 se muestran las coordenadas de los puntos objetivo.

	Longitud	Latitud
La Coruña-Langosteira	-8,5411	43,3336
La Coruña-Playa Riazor	-8,4108	43,3742
Cariño	-7,8606	43,7333
Tapia	-6,9484	43,5730
Luarca	-6,5361	43,5500
Avilés	-5,9483	43,5903
Candas	-5,7568	43,5886
Ribadesella	-5,0708	43,4692
Llanes	-4,7486	43,4222
S. Vicente	-4,3833	43,3958
Liencres	-3,9772	43,4489
Santander (Sardinero)	-3,7514	43,4789
Castro Urdiales	-3,2086	43,3815
Bermeo	-2,7106	43,4228
Zumaya	-2,2461	43,3062
San Sebastián	-1,9808	43,3286

Tabla 1: Coordenadas puntos de estudio

2.2. Bases de datos regionales

Los datos de partida que se han empleado para la realización de este trabajo corresponden al Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria o, en adelante, IH). El IH, dispone de una metodología con la que generar series de datos de oleaje, corrientes, viento, etc. que calibra empleando información proveniente de instrumentos tales como boyas o mareógrafos [11]. A continuación, se exponen más en detalle las series de datos empleadas.

2.2.1. Vientos (SeaWind)

La base de datos SeaWind consiste en un reanálisis atmosférico que contiene información de varias décadas de vientos marinos a escala regional y horaria [12]. Se trata de una base de datos de reanálisis, lo que significa que se ha creado a partir de la utilización de un modelo numérico y ha sido calibrada con datos reales.

En la Tabla 2 se muestran las coordenadas (longitud y latitud) de los nodos de la malla de esta base de datos empleados.

	Longitud	Latitud
La Coruña-Langosteira	-8,5274	43,3221
La Coruña-Playa Riazor	-8,4177	43,3781
Cariño	-7,8672	43,7104
Tapia	-6,9312	43,5826
Luarca	-6,5207	43,5834
Avilés	-5,9606	43,6091
Candas	-5,7366	43,6079
Ribadesella	-5,0672	43,4933
Llanes	-4,7335	43,4600
S. Vicente	-4,3995	43,4019
Lienres	-3,9881	43,4477
Santander (Sardinero)	-3,7636	43,4696
Castro Urdiales	-3,2082	43,4009
Bermeo	-2,7216	43,4400
Zumaya	-2,2458	43,3150
San Sebastián	-1,9841	43,3320

Tabla 2: Coordenadas de los nodos empleados de la malla SeaWind

2.2.2. Oleaje offshore (GOW2) y oleaje costero (DOW)

La base de datos GOW2 (Global Ocean Waves) ofrece información del oleaje con resolución horaria a lo largo de un largo periodo de tiempo. Los datos de los que se dispone comienzan en febrero de 1.979 y abarcan hasta agosto de 2.018, es decir, aproximadamente 40 años. De nuevo, se trata de una base de datos calibrada con datos reales [13].

GOW2 cubre las costas de todo el mundo y supone una mejora en la resolución de las áreas más cercanas al litoral, así como en los polos, con respecto a su predecesora GOW. Además, año tras año es actualizada incorporándose los nuevos datos.

La información que se ha extraído de esta base de datos es la correspondiente a la altura significativa de ola, el periodo medio, el periodo pico y la dirección del oleaje. A continuación, en la siguiente imagen (Figura 5), se muestran los datos disponibles para la región objeto de estudio. Como se puede ver, los puntos en rojo son aquellos de los que se dispone información. La rejilla de puntos de GOW2 tiene una resolución de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$.

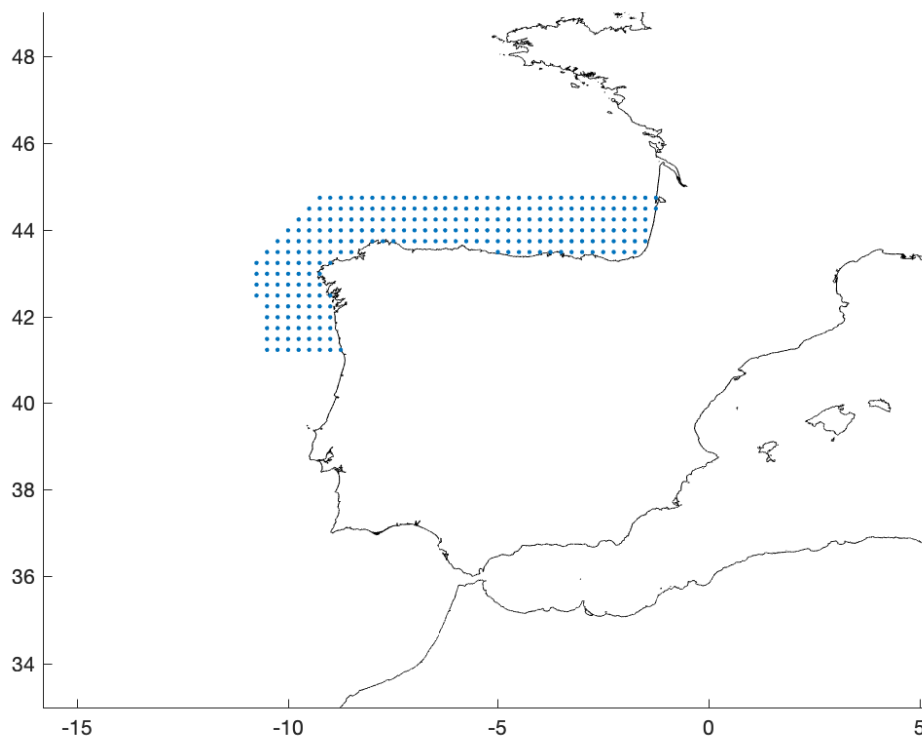


Figura 5: Rejilla de datos GOW2 en el litoral norte de España

En la Figura 6, se muestra más en detalle la ubicación de los puntos de estudio seleccionados dentro de la malla GOW empleada.

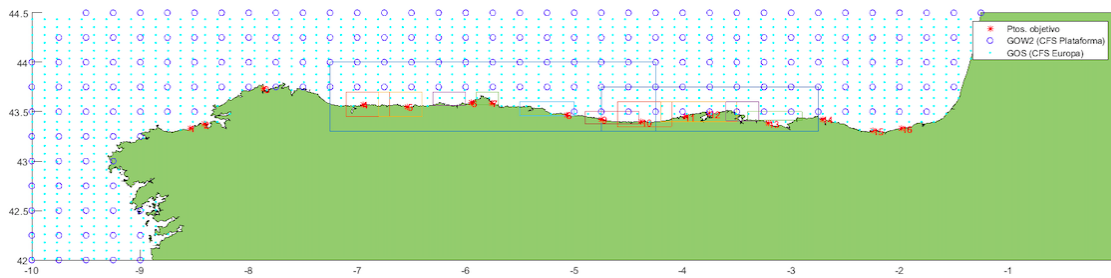


Figura 6: Puntos objetivo de estudio y mallas GOW2 y GOS (Fuente: IH Cantabria)

En la Tabla 3 se muestran las coordenadas (longitud, latitud y profundidad) de los nodos de la malla de esta base de datos empleados.

	Longitud	Latitud	Z
La Coruña-Langosteira	-8,5000	43,5000	89,3694
La Coruña-Playa Riazor	-8,5000	43,5000	89,3694
Cariño	-8,0000	44,0000	215,0267
Tapia	-7,0000	43,7500	59,9733
Luarca	-6,5000	43,7500	103,7911
Avilés	-6,0000	43,7500	113,0178
Candas	-5,7500	43,7500	47,4885
Ribadesella	-5,0000	43,5000	21,0616
Llanes	-4,7500	43,5000	244,1950
S. Vicente	-4,5000	43,5000	220,2683
Lienres	-4,0000	43,5000	132,7097
Santander (Sardinero)	-3,7500	43,5000	29,3712
Castro Urdiales	-3,2500	43,5000	73,7438
Bermeo	-2,7500	43,5000	127,6131
Zumaya	-2,2500	43,5000	211,1156
San Sebastián	-2,0000	43,5000	173,8267

Tabla 3: Coordenadas de los nodos empleados de la malla GOW2

La base de datos DOW (*Downscaled Ocean Waves*) ofrece también información de reanálisis del oleaje, aunque en este caso en profundidades reducidas. Aporta datos horarios continuos y su resolución espacial es de al menos 200 m. Esta base de datos ha sido calibrada, propagada y validada con información de boyas y satélites [14].

En los datos de oleaje disponibles para su análisis, existían 2 fuentes principales, DOW y ROW. Ambos ofrecen datos de oleaje en la costa, siendo los datos DOW

provenientes de un *downscaling* híbrido con datos de modelización e histórico estadístico y los datos ROW obtenidos de simulación numérica con el modelo SWAN [15]. En el presente trabajo se han empleado datos de tipo DOW/ROW, por su cercanía a la costa para evaluar posteriormente el daño en las infraestructuras.

En la Tabla 4 se muestran las coordenadas (longitud, latitud y profundidad) de los nodos empleados de la malla DOW/ROW. Asimismo se indica el origen DOW o ROW de los datos en función de su disponibilidad.

	DOW/ROW	Longitud	Latitud	Z
La Coruña-Langosteira	DOW1	-8,5410	43,3340	20,0000
La Coruña-Playa Riazor	DOW1	-8,4110	43,3740	12,0466
Cariño	DOW1	-7,8610	43,7330	8,9228
Tapia	ROW	-6,9510	43,5740	9,4700
Luarca	ROW	-6,5361	-6,5361	8,1210
Avilés	ROW	-5,9600	43,6000	25,2200
Candas	ROW	-5,7550	43,5900	5,7550
Ribadesella	ROW	-5,0700	43,4700	12,3900
Llanes	ROW	-4,7490	43,4200	7,3900
S. Vicente	ROW	-4,3833	43,3958	9,3000
Liencres	ROW	-3,9770	43,4500	9,6220
Santander (Sardinero)	ROW	-3,7514	43,4789	22.71
Castro Urdiales	ROW	-3,2086	43,3815	11,2700
Bermeo	DOW1	-2,7110	43,4230	14,8911
Zumaya	DOW1	-2,2460	43,3060	5,6328
San Sebastián	DOW1	-1,9810	43,3290	3,9014

Tabla 4: Coordenadas de los nodos empleados de la malla DOW/ROW

2.2.3. Nivel del mar (GOT y GOS)

Además de los datos provenientes de GOW2, se han empleado los correspondientes a las bases de datos GOT (*Global Ocean Tide*) y GOS (*Global Ocean Surge*). La primera de ellas aporta información acerca de la marea astronómica mientras que la segunda es la resultante de un reanálisis de la marea meteorológica o storm surge. El periodo histórico del que se dispone es también de aproximadamente de 40 años y tiene resolución horaria [12].

Los datos provenientes de estas fuentes han sido empleados como entrada de la formulación que permite calcular el nivel de mar y que se desarrolla en el apartado 4.1.

Es importante resaltar que no toda la información disponible en las bases de datos mencionadas ha sido empleada ya que no para todas las bases y localizaciones se disponía de la misma serie (en algunos casos el año de inicio o final no coincidía con el resto). Por tanto, antes de proceder al análisis de los temporales se ha realizado un filtrado de los datos para seleccionar únicamente el periodo histórico común a todas las bases con las que se ha trabajado. Este periodo común es el comprendido entre el año 1985 y 2014 (ambos años incluidos).

En la Tabla 5 se muestran las coordenadas (longitud, latitud y profundidad) de los nodos empleados de la malla de la base GOT y, en la Tabla 6, los de la base GOS.

	Longitud	Latitud	Z
La Coruña-Langosteira	-8,5333	43,3333	16,0000
La Coruña-Playa Riazor	-8,4333	43,4000	7,0000
Cariño	-7,8333	43,7667	220,9998
Tapia	-6,9667	43,6000	23,0000
Luarca	-6,5333	43,6000	48,9999
Avilés	-5,9667	43,6000	18,0000
Candas	-5,7333	43,6000	6,0000
Ribadesella	-5,0667	43,5000	35,0000
Llanes	-4,7333	43,4667	38,0000
S. Vicente	-4,3667	43,4333	14,0000
Lienres	-3,9667	43,4667	8,9999
Santander (Sardinero)	-3,7667	43,5000	8,9991
Castro Urdiales	-3,1667	43,4000	20,9996
Bermeo	-2,7000	43,4667	25,9989
Zumaya	-2,2333	43,3333	36,0000
San Sebastián	-1,9667	43,3667	40,0000

Tabla 5: Coordenadas de los nodos empleados de la malla GOT

	Longitud	Latitud
La Coruña-Langosteira	-8,5154	43,3972
La Coruña-Playa Riazor	-8,4015	43,3972
Cariño	-7,8323	43,7183
Tapia	-6,9215	43,6382
Luarca	-6,5800	43,6382
Avilés	-5,8969	43,6382
Candas	-5,7831	43,6382
Ribadesella	-4,9862	43,4777
Llanes	-4,7585	43,4777
S. Vicente	-4,3031	43,3972

Liencres	-3,9615	43,4777
Santander (Sardinero)	-3,7338	43,4777
Castro Urdiales	-3,1646	43,3972
Bermeo	-2,7092	43,4777
Zumaya	-2,2538	43,3167
San Sebastián	-2,0262	43,3972

Tabla 6: Coordenadas de los nodos empleados de la malla GOS

3. ANÁLISIS DE LOS EVENTOS DE TEMPORALES MARÍTIMOS

3.1. Análisis de los temporales de mayor impacto

3.1.1. Determinación de los temporales y su duración

Para cada una de las se ha aplicado el método POT (picos que exceden sobre un umbral) utilizando como variable de selección de umbral la altura de ola significativa (Hs). Para el cálculo del umbral se han seleccionado todas las Hs que superan el percentil del 99.5% obtenido de la serie horaria histórica. Esta altura determina el umbral que podría considerarse un evento extremo según el estudio de Méndez et. Al. (2006) En la Figura 7 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede ver el resultado. Se ha considerado una independencia entre eventos que superan el umbral de 3 días, y recopilado la información asociada al pico de Hs de los periodos y dirección del oleaje, así como la duración (en horas) de cada evento de excedencia independiente.[16].

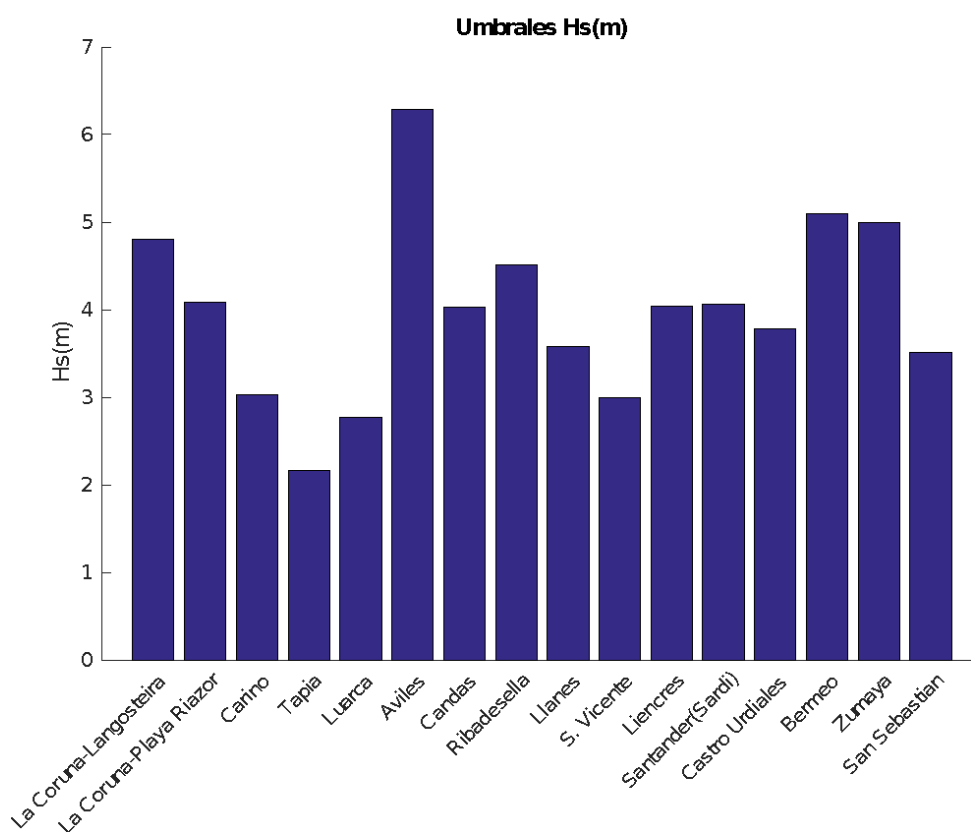


Figura 7: Diagrama de barras con los umbrales de altura de ola significativa

3.1.2. Análisis de la altura del oleaje

Como punto de partida para una posterior agrupación de las estaciones en función de la similitud de los temporales registrados, se ha creado un nuevo diagrama de barras en el que se representa para un total de 228 eventos, el número de ellos que se registra en una o más estaciones. Como se puede ver en la Figura 8, la mayoría de los eventos son registrados únicamente en una de las estaciones, pero hay un número elevado de eventos registrados en 2 estaciones, en 8 e incluso en la totalidad de las estaciones. El hecho de que muchos eventos hayan sido registrados en la totalidad de estaciones, puede servir para diferenciar distintos climas en lo que a temporales marítimos se refiere en cuanto a la localización geográfica.

Para crear el diagrama se han tenido en cuenta las 24 horas anteriores y posteriores a cada temporal. Si en ese periodo de tiempo, un temporal es registrado en más de una estación, se entiende que es el mismo temporal.

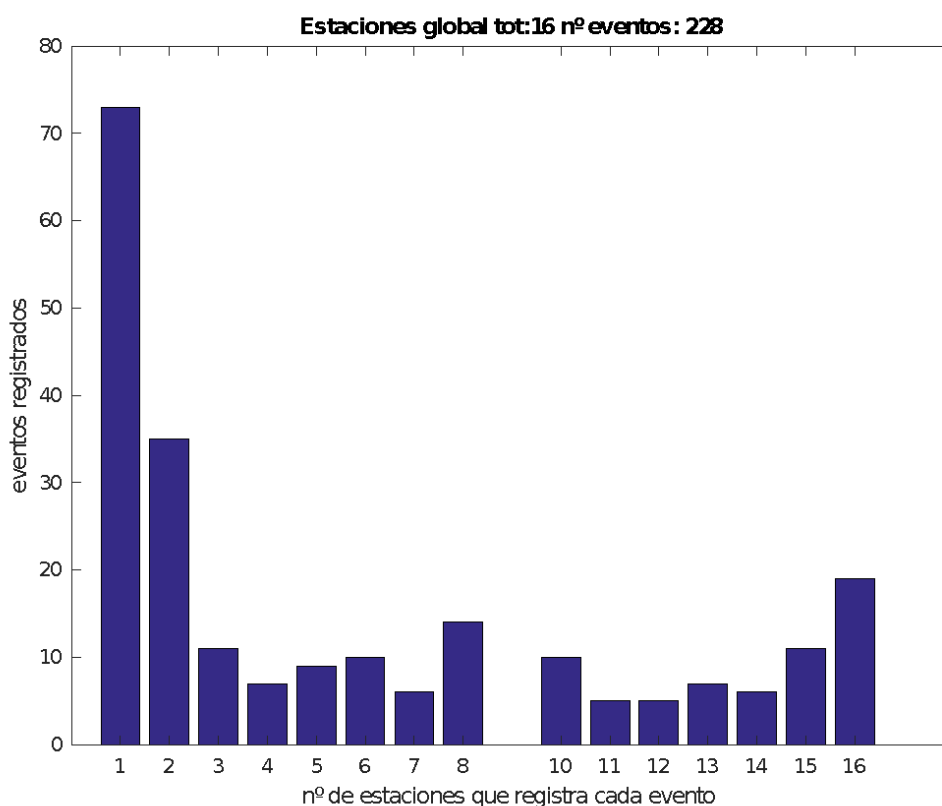


Figura 8: Diagrama de barras con el número de estaciones que registra cada evento

En la Figura 9 se observa una matriz de correlación entre los eventos que se detectan en las distintas estaciones. Por el grado de correlación se puede ver la dependencia entre unas estaciones y otras, distinguiéndose tres grandes grupos de estaciones, así como dos estaciones que no tienen ninguna correlación elevado con el resto. Los grupos de estaciones que se establecen en función de dicha correlación son:

- Grupo de estaciones del Atlántico (2 estaciones): La Coruña-Playa de Riazor y La Coruña-Langosteira.
- Grupo de estaciones del Cantábrico (9 estaciones): Tapia, Luarca, Avilés, Candás, Ribadesella, Llanes, San Vicente, Llanes y Santander.
- Grupo del Golfo de Vizcaya (3 estaciones): Bermeo, Zumaya y San Sebastián.

Las estaciones en las que no se observa una correlación que permita incluirlas en alguno de los grupos anteriores son: Cariño y Castro Urdiales.

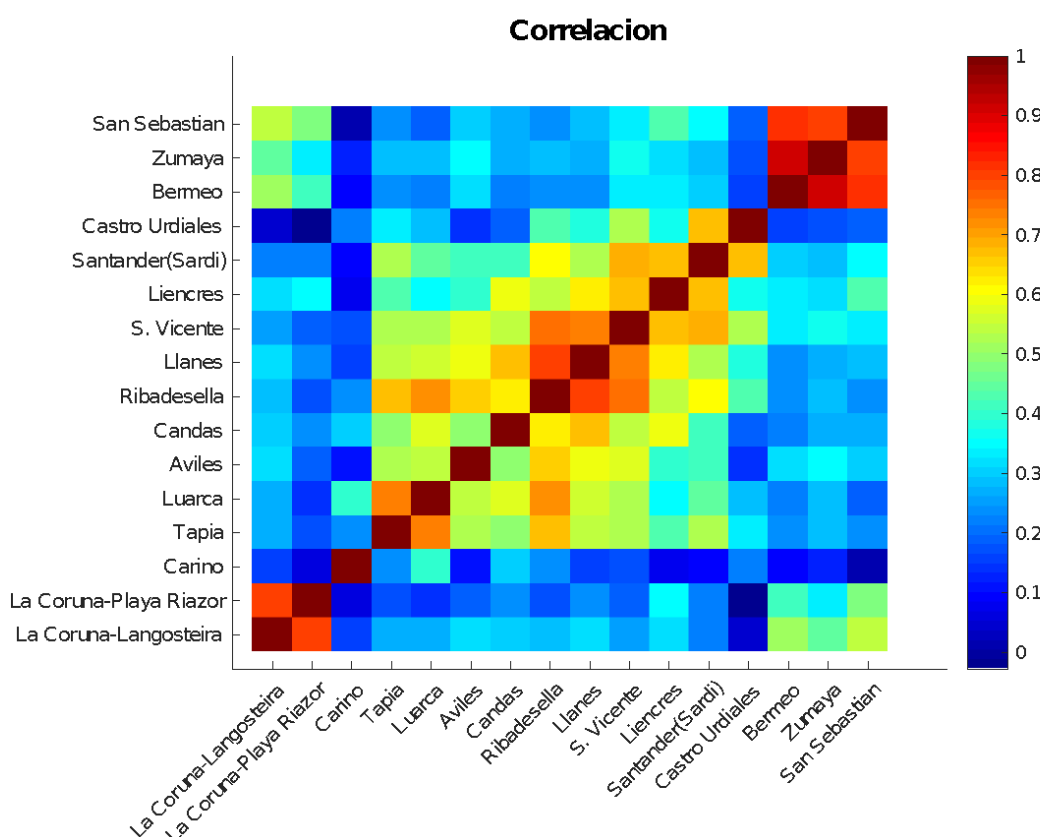


Figura 9: Matriz de correlación entre estaciones en función de la coincidencia de los eventos registrados

Además del análisis anterior, se ha realizado otro de toda la serie histórica que permite correlacionar las alturas de ola significativas de todas las estaciones entre sí. Los resultados obtenidos arrojan de nuevo una clasificación de estaciones en tres principales grupos coincidentes con los de resultantes del análisis previo, pero en este caso dichos grupos resultan mucho más evidentes. La matriz de correlación se puede ver en la Figura 10.

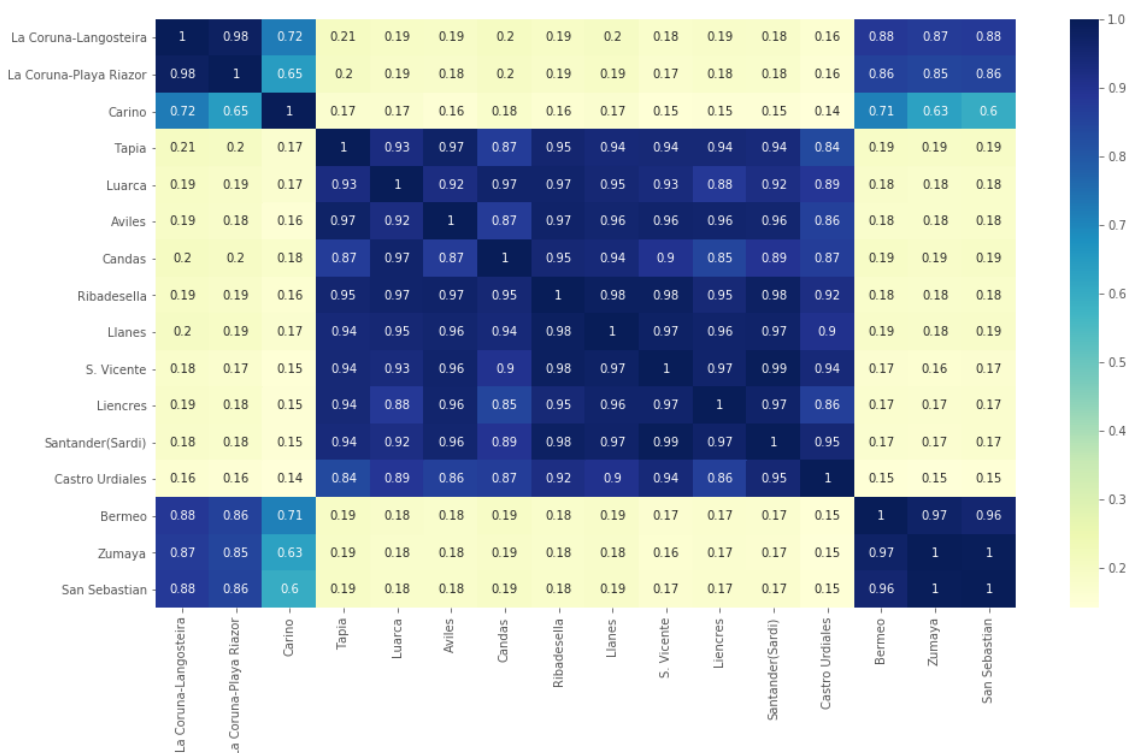


Figura 10: Matriz de correlación entre estaciones en función de las alturas de ola significativas

En base a lo anterior, se vuelve a emplear la función umbral para el percentil del 99,5% agrupando los datos de las estaciones de cada uno de los tres grupos ya definidos. Como puede observarse en la Figura 11, el mayor umbral se produce en las estaciones del Atlántico. Esto ya podía verse de manera individual en los gráficos de umbral y número de eventos de cada una de las estaciones.

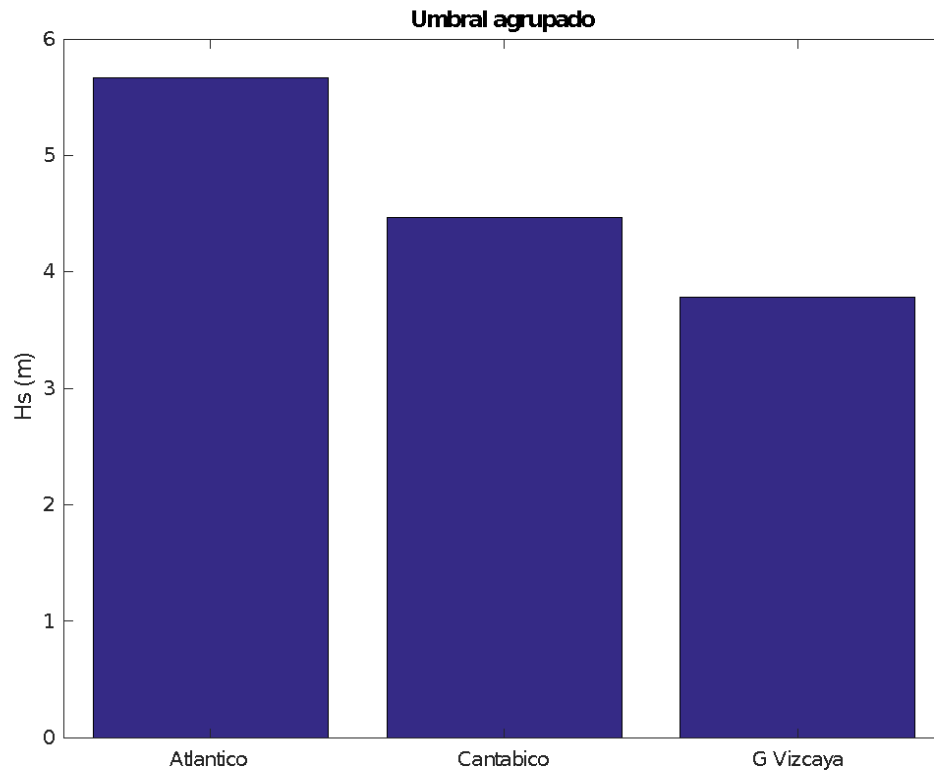


Figura 11: Umbral agrupado para cada grupo de estaciones

En la Figura 12, puede verse para cada año el evento registrado de más duración. De nuevo, referido al conjunto de estaciones que forman cada grupo. Lo significativo es que se puede observar que la duración de los temporales en las estaciones del Cantábrico es superior a las del resto.

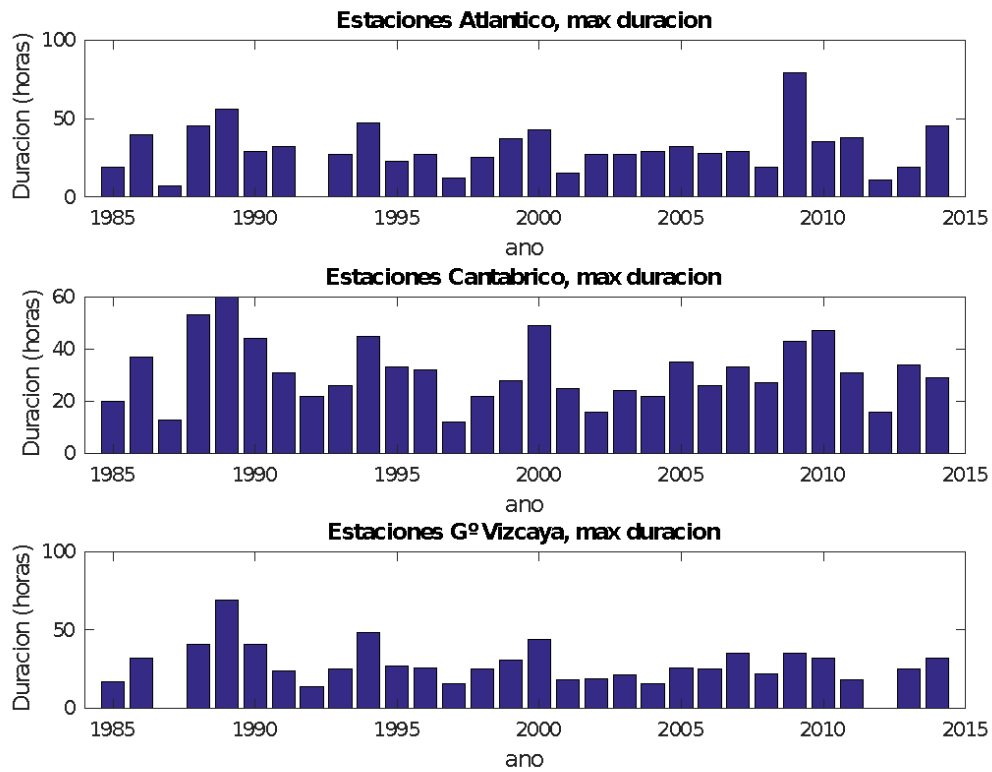


Figura 12: Máxima duración de eventos registrados para cada año y grupo de estaciones

En las gráficas de barras de la Figura 13, se pueden ver los eventos registrados en cada año, en función de su umbral, para cada grupo de estaciones. En el año 1992 no se registró ningún evento en la estación del Atlántico mientras que en la del Grupo de Vizcaya no se registraron eventos para los años 1987 y 2012.

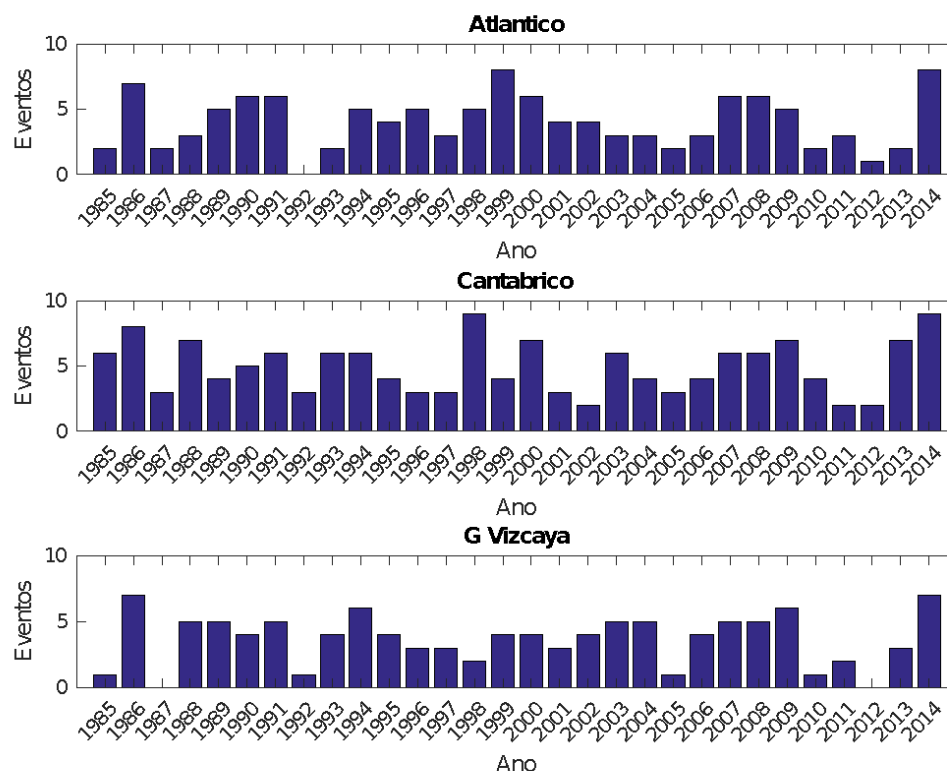
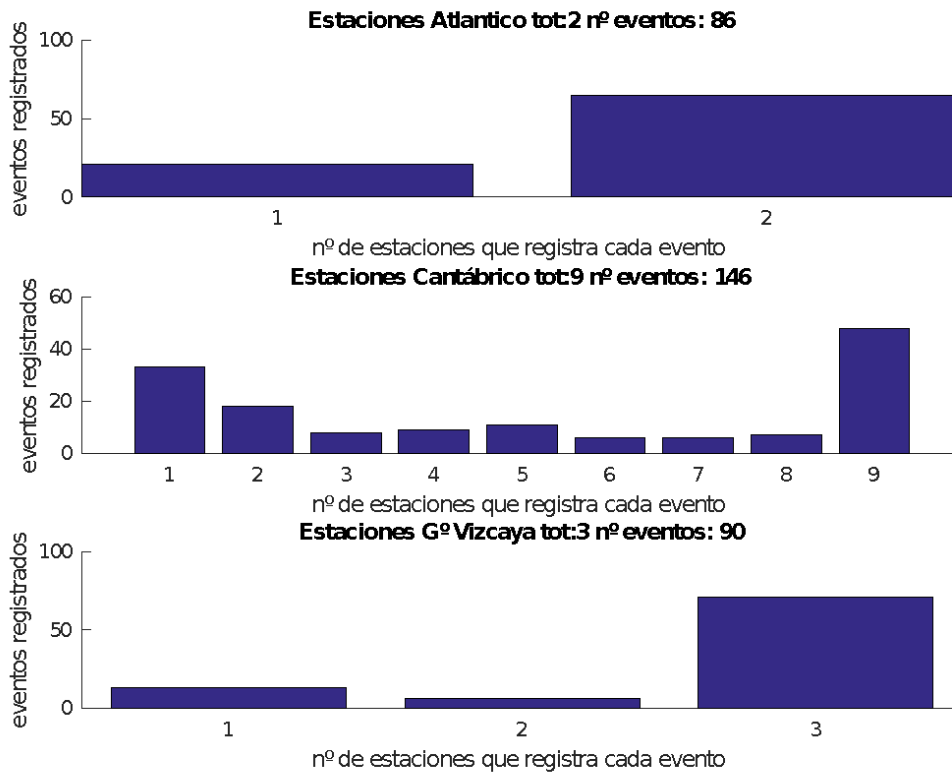


Figura 13: Número de eventos en función del umbral para cada año y grupo de estaciones

A continuación, se pueden ver tres imágenes en las que, con barras, se muestran cuantas estaciones registran un mismo evento. En el caso del Atlántico, por ejemplo, se puede ver que una gran mayoría de los eventos son registrados por las dos estaciones que forman el grupo. A su vez, en el Cantábrico, de los 146 eventos en total que se registraron, un número importante de ellos es también registrado en las nueve estaciones. Por último, en el Golfo de Vizcaya la correlación entre estaciones es mucho más evidente ya que prácticamente la totalidad de eventos son registrados en las tres estaciones. De esta manera, queda demostrada la correlación entre las estaciones de los grupos elegidos.



Los diagramas de cajas de la Figura 14 recogen la distribución de las alturas de ola de toda la serie histórica para cada mes del año. Estas gráficas nos muestran las diferencias en las alturas registradas en función del mes para cada estación y sirven de guía para definir el comienzo y el final del invierno. Además, en ellas se puede ver de nuevo cómo la curva que une las medianas de todos los meses del año presenta una forma muy plana en las estaciones de Cariño y Castro Urdiales, lo cual corrobora la baja correlación de estas estaciones y el hecho de que no se hayan incluido en ninguno de los grupos.

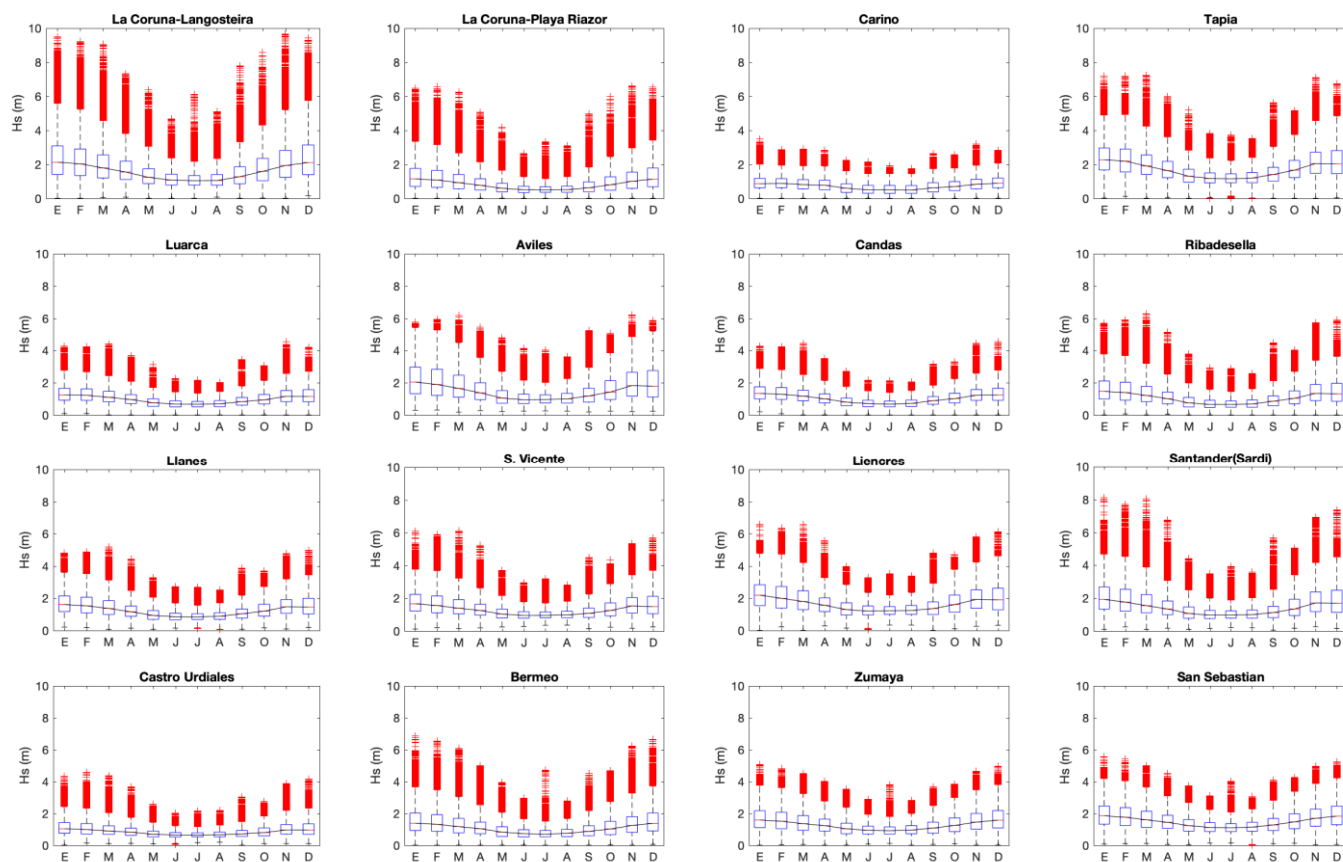


Figura 14: Boxplot con alturas de ola significativa por meses para cada estación

A continuación, se han extraído las curvas que marcan la mediana, de nuevo para cada grupo de estaciones (Figura 15, Figura 16 y Figura 17). Su interpretación nos permite demostrar una vez más la similitud de la forma de las curvas entre estaciones agrupadas, así como definir visualmente el periodo de invierno en lo a que a temporales marítimos se refiere.

En los tres grupos se observa un primer punto de inflexión que puede marcar el comienzo del invierno en el mes de noviembre y otro punto, que puede indicar el final, en el mes de febrero. Como ya se ha mencionado existe una similitud entre los grupos de curvas y dicha similitud es especialmente en las estaciones del Cantábrico donde la pendiente cambia de signo a partir del mes de noviembre.

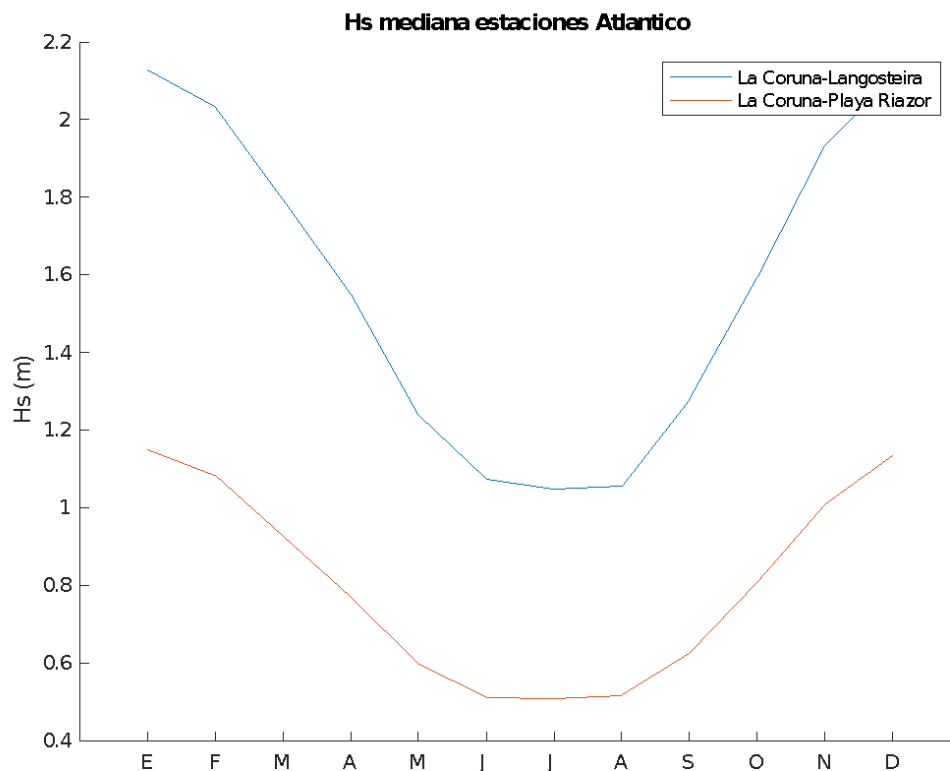


Figura 15: Medianas de la altura de ola significativa para las estaciones del Atlántico

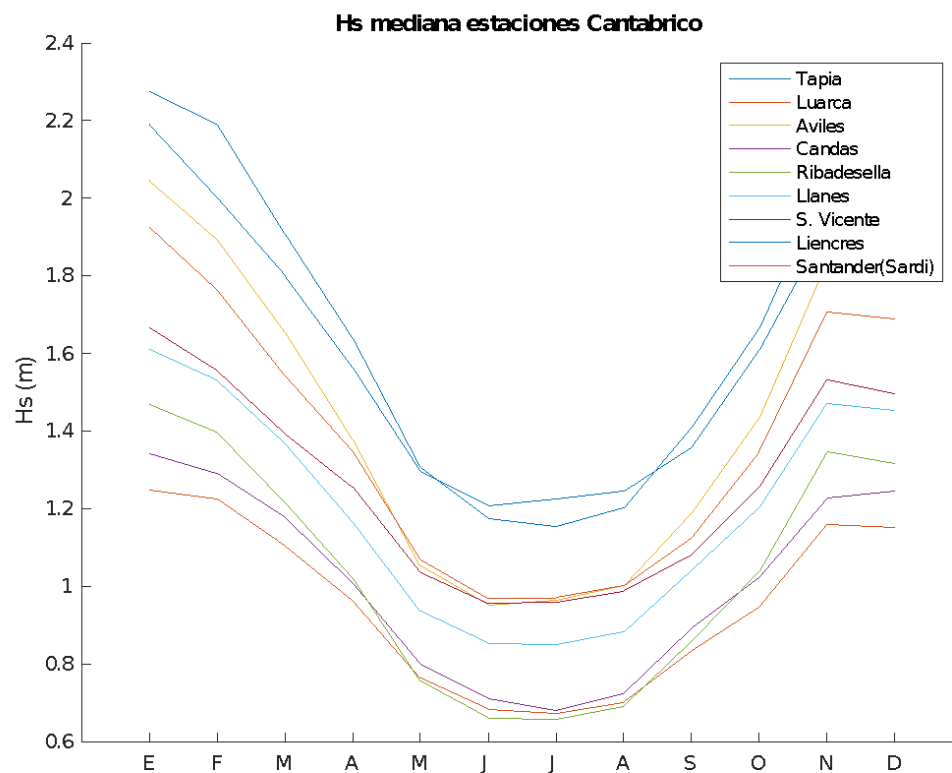


Figura 16: Medianas de la altura de ola significativa para las estaciones del Cantábrico

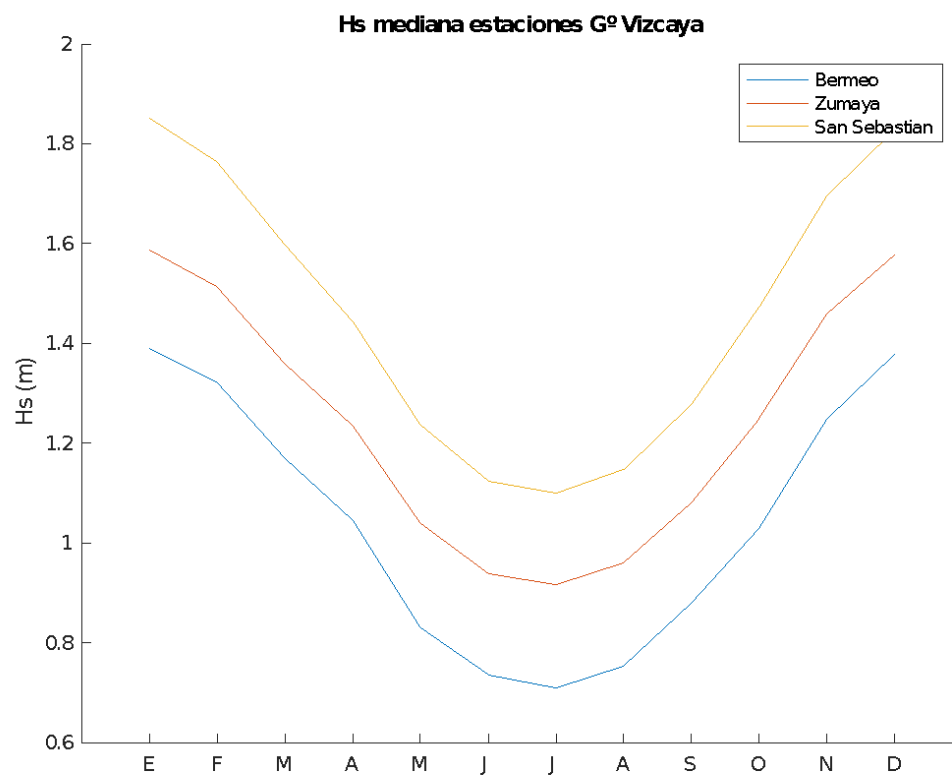


Figura 17: Medianas de la altura de ola significativa para las estaciones del Golfo de Vizcaya

Además de calcular los umbrales de manera conjunta por estaciones, también se ha realizado un análisis más pormenorizado estación a estación, obteniendo el umbral correspondiente al percentil 99,5 y de esta manera calcular el número de eventos registrados en la serie histórica para cada umbral. A continuación, se muestran dichos diagramas para una selección de estaciones. En cada una de ellas se puede ver la serie histórica con unos marcadores que señalan las alturas de ola por encima del umbral y, debajo, un diagrama de barras con el número de eventos registrados en cada año. El dato numérico del umbral figura en el encabezado, junto al nombre de cada estación.

En el caso de las dos estaciones del Atlántico (Figura 18), se puede apreciar como, a pesar de la diferencia en el umbral entre una y otra, en ambas no se registraron eventos en los años 1987, 1992 y 2012, como ya se habían concluido anteriormente. Algunos de los años de mayor número de eventos también coinciden en los dos casos: 1986, 2000 y 2014. Sin embargo, se aprecia que los datos de Langosteira presentan una apariencia más constante que los de Riazaor (por ejemplo, entre los años 2001 a 2004 y entre 2007 a 2009) así como una diferencia significativa en el valor del umbral asociado al percentil del 99,5.

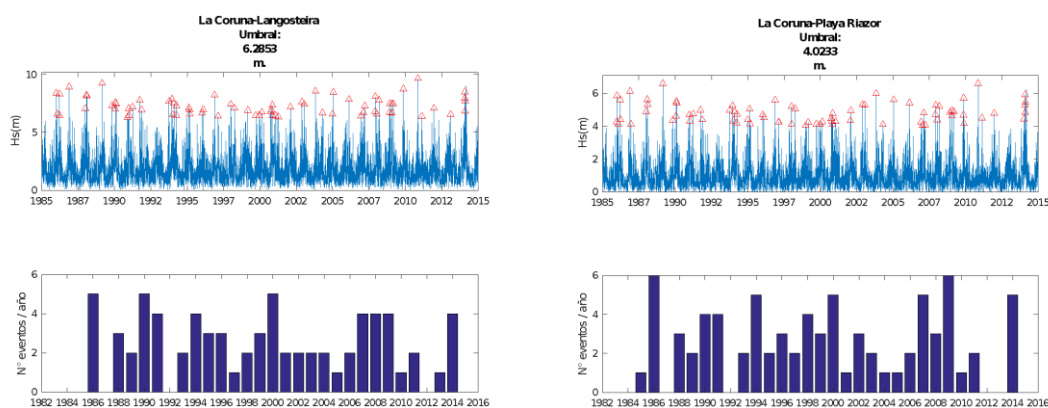


Figura 18: Umbral de Hs para las estaciones de Langosteira y Riazaor

En el caso de las estaciones del Golfo de Vizcaya (Figura 19), se muestra una comparativa entre dos de ellas (las más alejadas) y, de nuevo, se apreció una tendencia similar entre ambas ya que en los dos casos coinciden los años en los que hay ausencia de eventos: 1987 y 2012. A diferencia de las estaciones del Atlántico, en estas sí que se registró un evento en el año 1992, de acuerdo con sus correspondientes umbrales. Las

similitudes entre ambas estaciones se reflejan en un valor cercano del umbral asociado al percentil del 99,5 así como en una tendencia visualmente parecida en los diagramas.

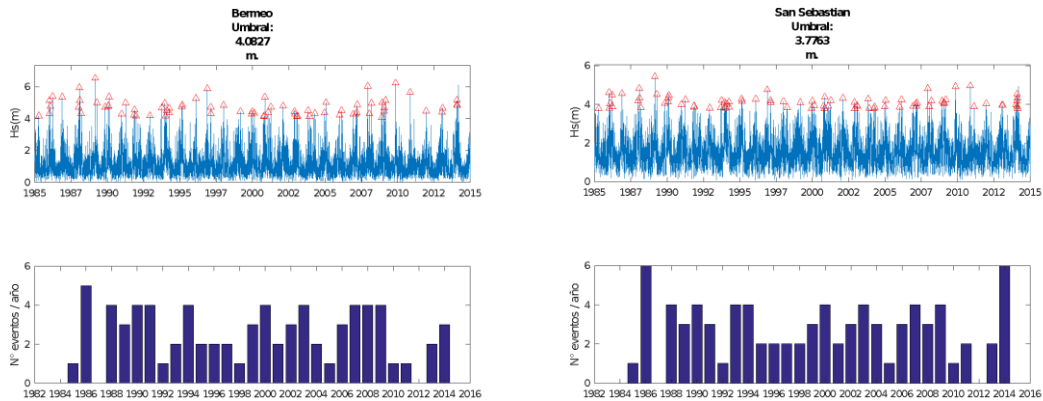


Figura 19: Umbral de H_s para las estaciones de Bermeo y San Sebastián

Por último, en la

Figura 20 se muestra una selección de cuatro de las estaciones del Cantábrico, distanciadas entre sí con la finalidad de hacer un análisis lo más objetivo posible. En este caso, se observa una tendencia de nuevo muy similar, aunque, lógicamente, con diferencias en función de la localización.

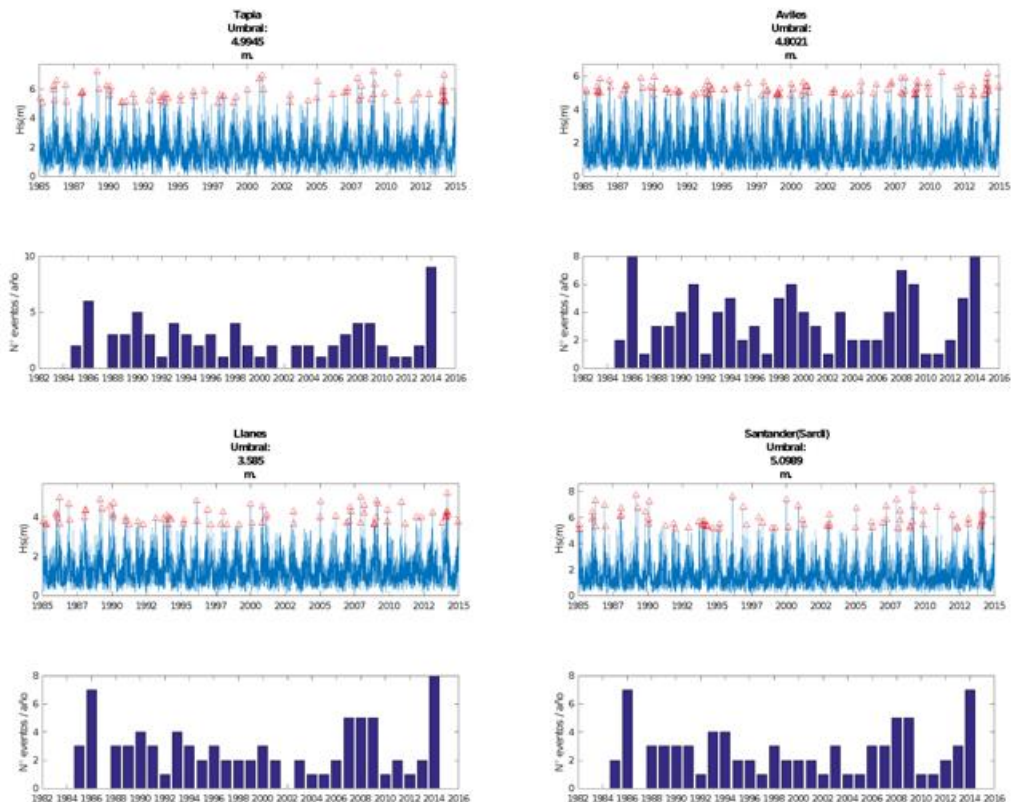


Figura 20: Umbral de Hs para las estaciones de Tapia, Avilés, Llanes y Santander

Se ha procedido a representar los datos de altura de ola recogidos durante el año 2014 (Figura 21, Figura 22 y Figura 23). Dicho invierno ha sido uno de los más catastróficos en lo que a daños causados por temporales marítimos. Se ha procedido a realizar la representación también por grupos de estaciones y entre los meses de octubre y abril. De esta manera, se puede observar de nuevo el punto de inflexión que los meses de noviembre y marzo suponen y, por tanto, se vuelve a corroborar que el comienzo y el final de los temporales marítimos de oleaje coincide con estos meses.

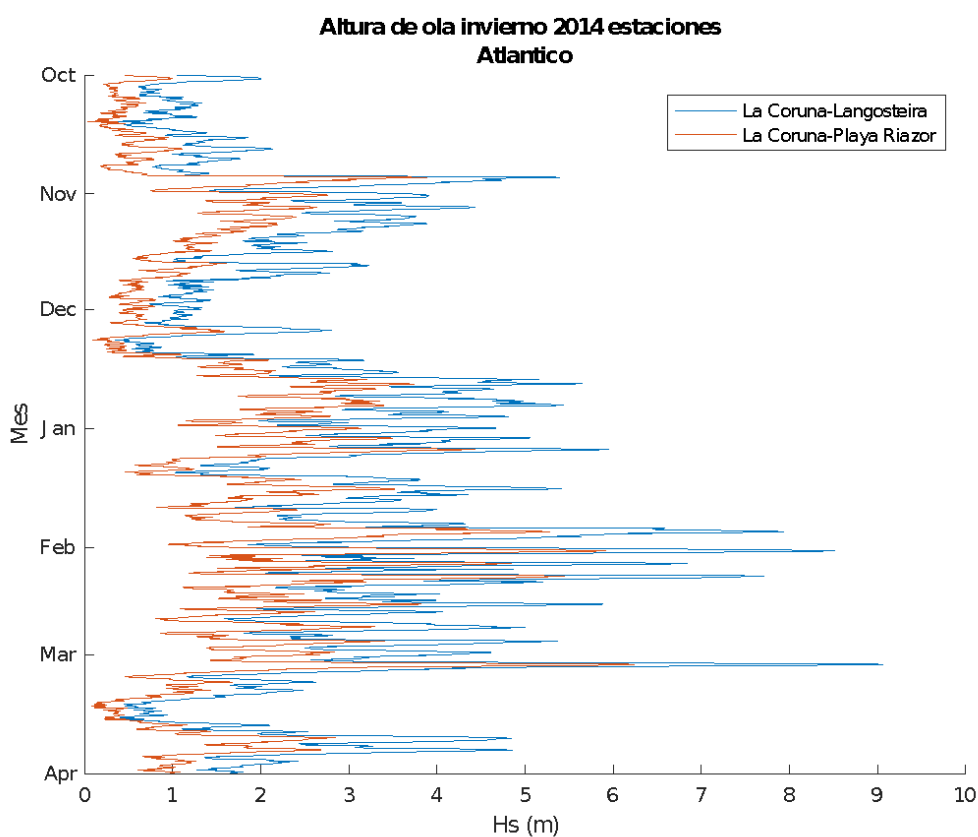


Figura 21: Altura de ola significativa en el invierno de 2014 en las estaciones del Atlántico

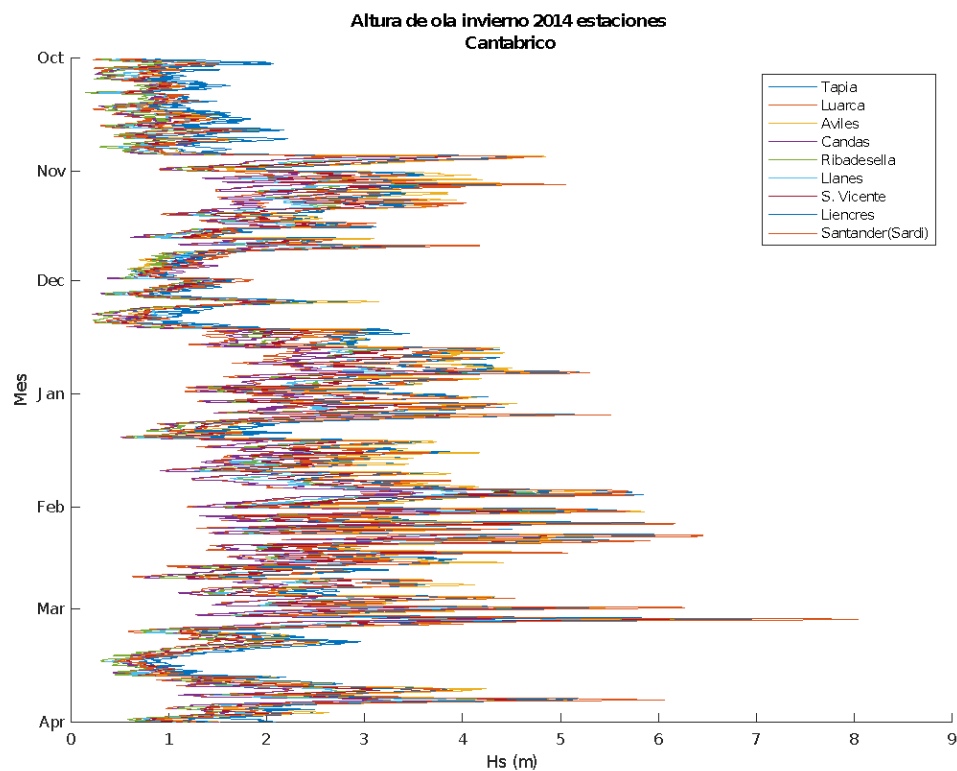


Figura 22: : Altura de ola significativa en el invierno de 2014 en las estaciones del Cantábrico

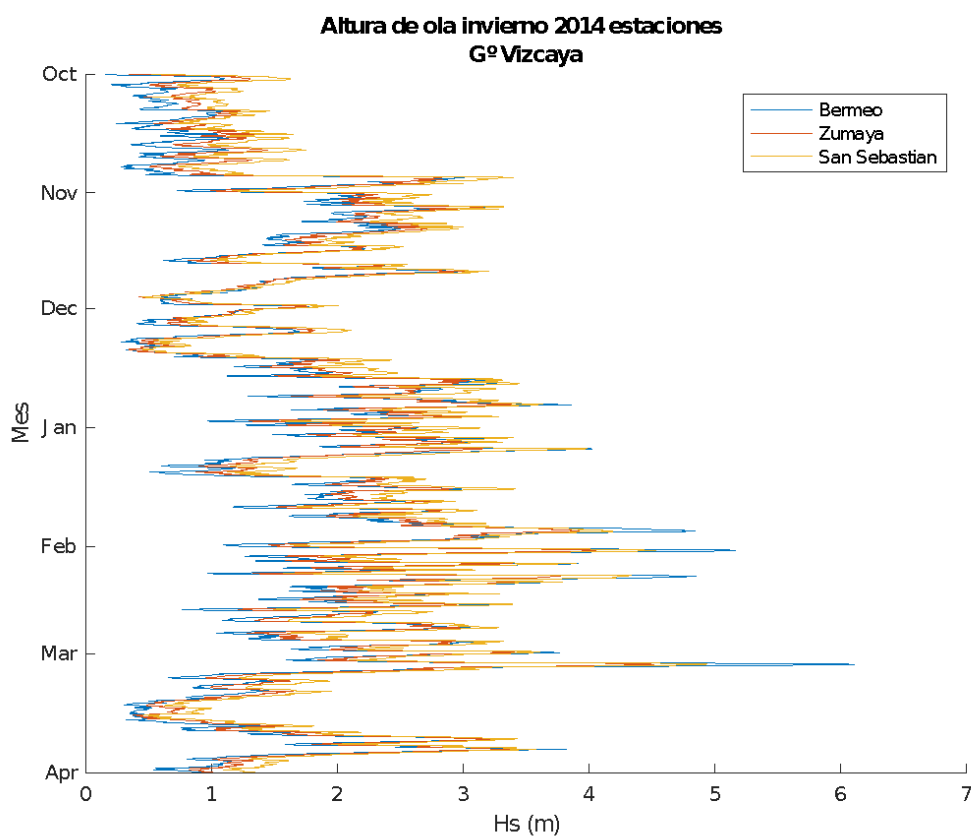


Figura 23: Altura de ola significativa en el invierno de 2014 en las estaciones del Golfo de Vizcaya

3.1.3. Análisis del periodo pico

En lo que respecta al periodo pico, también se ha llevado a cabo un análisis de los periodos asociados a los eventos de temporales marítimos identificados. De nuevo, el análisis se ha realizado teniendo en cuenta los grupos de estaciones ya definidos y se ha representado la ocurrencia de cada periodo pico. Es decir, se han considerado los eventos registrados en cada estación y, dentro de estos eventos, los periodos pico de cada una de las horas que constituyen un evento y la ocurrencia o número de horas con un mismo periodo pico es lo que se ha representado en los diagramas de barras.

En la Figura 24 se puede ver el resultado para las estaciones del Atlántico y observar que existe una gran correspondencia entre ambas gráficas, lo que demuestra las similitudes entre las dos estaciones y por tanto el hecho de que puedan ser tratadas como parte del mismo grupo. Ha de observarse, la diferencia de magnitudes en cuanto a número de eventos con el mismo periodo pico. Si bien la distribución es similar, una de las estaciones registra una mayor ocurrencia que la otra.

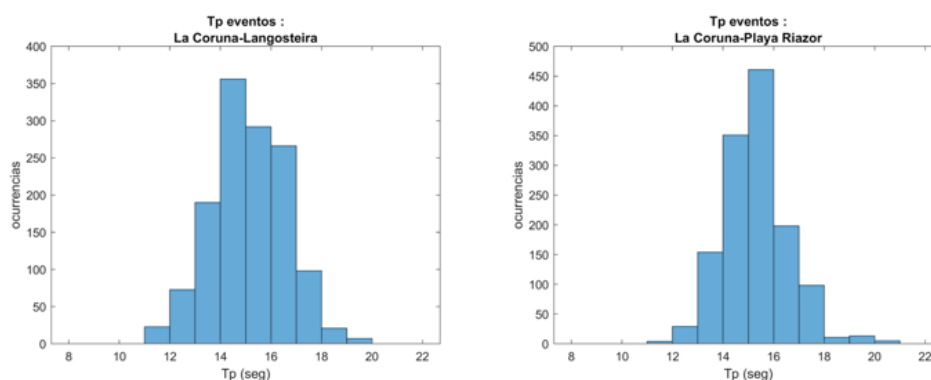


Figura 24: Periodo pico de los eventos en las estaciones de Langosteira y Riazor

La misma similitud se observa entre las estaciones del Golfo de Vizcaya. A continuación, en la Figura 25, se pueden ver las gráficas con el número de ocurrencias, o veces que se repite, cada periodo pico en Bermeo y en San Sebastián durante los eventos registrados.

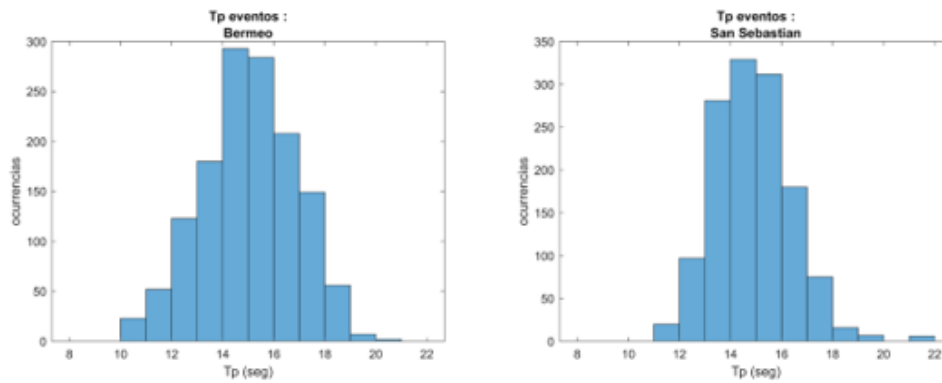


Figura 25: Periodo pico de los eventos en las estaciones de Bermeo y San Sebastián

Por último, en la Figura 26, se muestra la misma gráfica para cuatro estaciones representativas del grupo del Cantábrico y de nuevo se observa una gran similitud entre ellas.

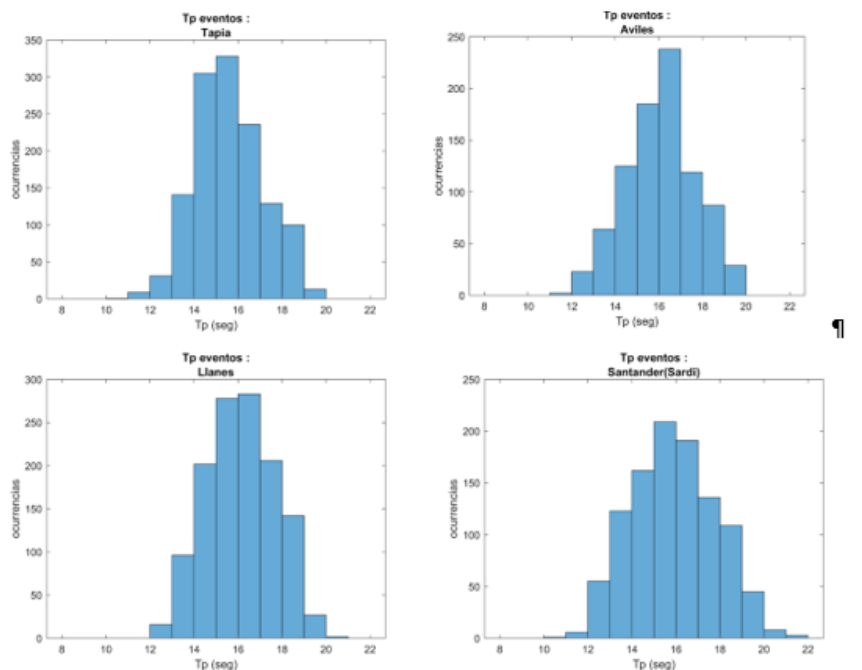


Figura 26: Periodo pico de los eventos en las estaciones de Tapia, Avilés, Llanes y Santander

3.1.4. Análisis de la duración de los temporales

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede ver un diagrama de cajas, o boxplot, de la duración de los eventos registrados para todas las estaciones objeto de estudio. Resulta significativo el resultado de la estación de Avilés, ya que su mediana está considerablemente por debajo de la del resto de estaciones. Además, en dicha estación, existe un número significativo de datos atípicos.

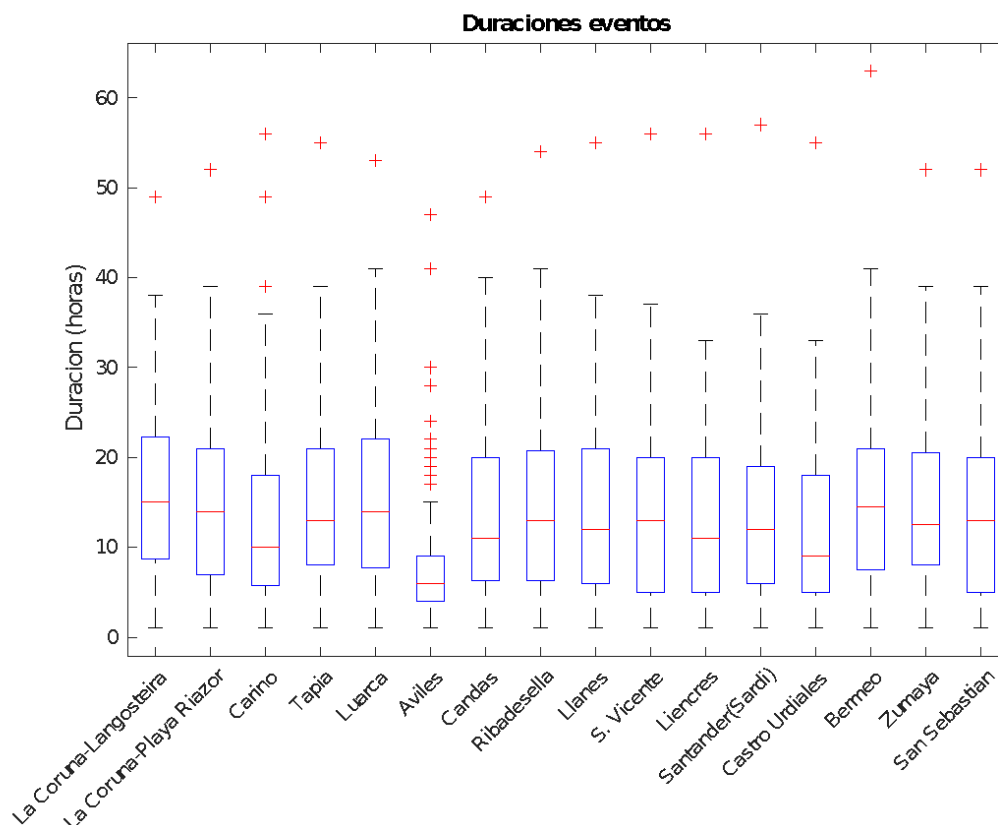


Figura 27: Boxplot con duración de los eventos y localidades

Conocida la duración de los temporales y su ocurrencia, se ha procedido al análisis conjunto de estos. Para ello se ha decidido considerar como eventos “similares” a aquellos que ocurren en un periodo inferior a 24 horas y son registrados por varias estaciones. De tal forma que si la estación A registra un evento a las 14.00 horas de un día se postula como hipótesis que si una estación B registra un temporal a las 18.00 horas del mismo día, se considera que es el mismo evento.

3.1.5. Agrupación de los tipos de temporales

Una vez realizado un análisis de cada una de las variables que forman parte de los temporales analizados y descritos, en este apartado se realiza una agrupación de dichos temporales en función de tres de sus principales componentes: altura de ola significativa (H_s), periodo pico (T_p) y marea meteorológica (MM).

En una primera aproximación, se ha decidido enfrentar estas tres variables en un gráfico 3D (Figura 28) representando en diferentes colores los temporales registrados por cada una de las 16 estaciones objeto de análisis. Los resultados obtenidos no pueden

emplearse para establecer una relación entre los temporales y la estación en la que ocurren. Es por ello, que se ha decidido emplear técnicas de *machine learning* para la clasificación de los eventos. El algoritmo seleccionado ha sido un algoritmo de clasificación no supervisado (*k-means*) ya que se pretendía establecer una etiqueta a los temporales sin partir de una agrupación previa [17]. Lo único que parece apreciarse de manera clara es la existencia de 2 grupos de puntos correspondientes a las estaciones de La Coruña que presentan datos muy marcados en los extremos de Hs.

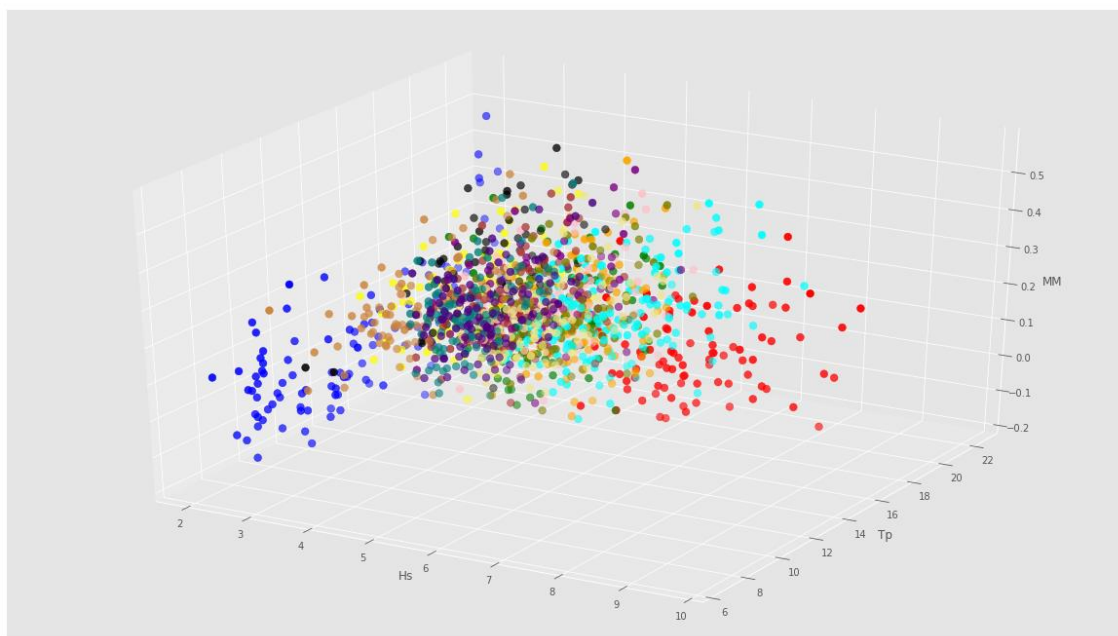


Figura 28: Representación de las componentes principales de los temporales en función de la estación

Como paso previo a la agrupación, se ha hecho un análisis de alguna de las variables disponibles como dirección del oleaje (Dir), altura de ola significativa (Hs), marea meteorológica (MM), periodo pico (Tp) y cota de inundación (TWL), cuyo cálculo se detallará en el apartado 4.1. La Figura 29 muestra los histogramas resultantes de este análisis previo en los que puede verse una distribución más o menos uniforme en prácticamente todas las variables.

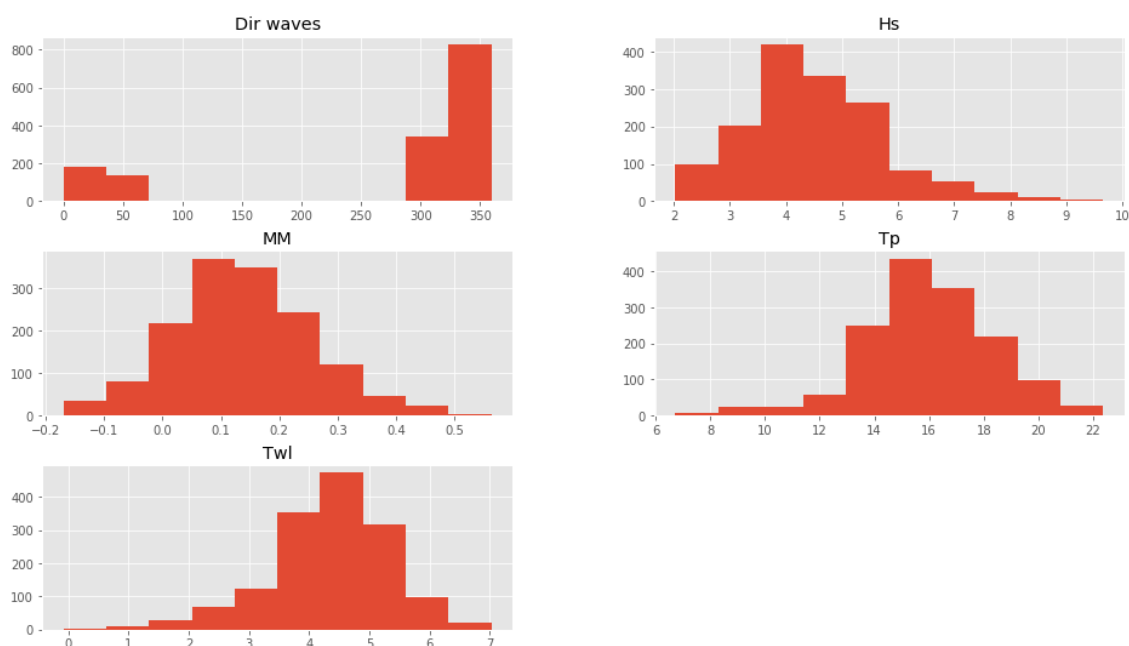


Figura 29: Histogramas de las principales componentes de los temporales

Una vez analizado el resultado de los histogramas obtenidos, se han tratado de buscar relaciones que permitan explicar los diferentes temporales. Sin embargo, tratar con 5 o más variables como podría ser el periodo medio o la dirección del viento, las cuales no se muestran tampoco en los histogramas, arrojaría unos resultados difíciles de comprender y agrupar. Es por ello por lo que se ha realizado un análisis PCA (en español, *Análisis de componentes principales*) para determinar los principales componentes de los temporales. Este tipo de análisis tratan de explicar la variabilidad entre los distintos fenómenos mediante el análisis de la varianza de cada una de las componentes del fenómeno y como ésta afecta a la varianza final entre unos fenómenos y otros [18]. En este caso, las tres variables que explican de una manera más clara la diferencia entre temporales han resultado ser altura de ola significativa (Hs), periodo pico (Tp) y marea meteorológica (MM). A continuación, la Figura 30 muestra una primera comparación entre las tres variables mencionadas y las diferentes estaciones analizadas. A partir de ella, se puede empezar a apreciar algunas posibles agrupaciones de los temporales. Imágenes como la comparación de Hs y MM muestran las primeras diferencias entre los temporales.

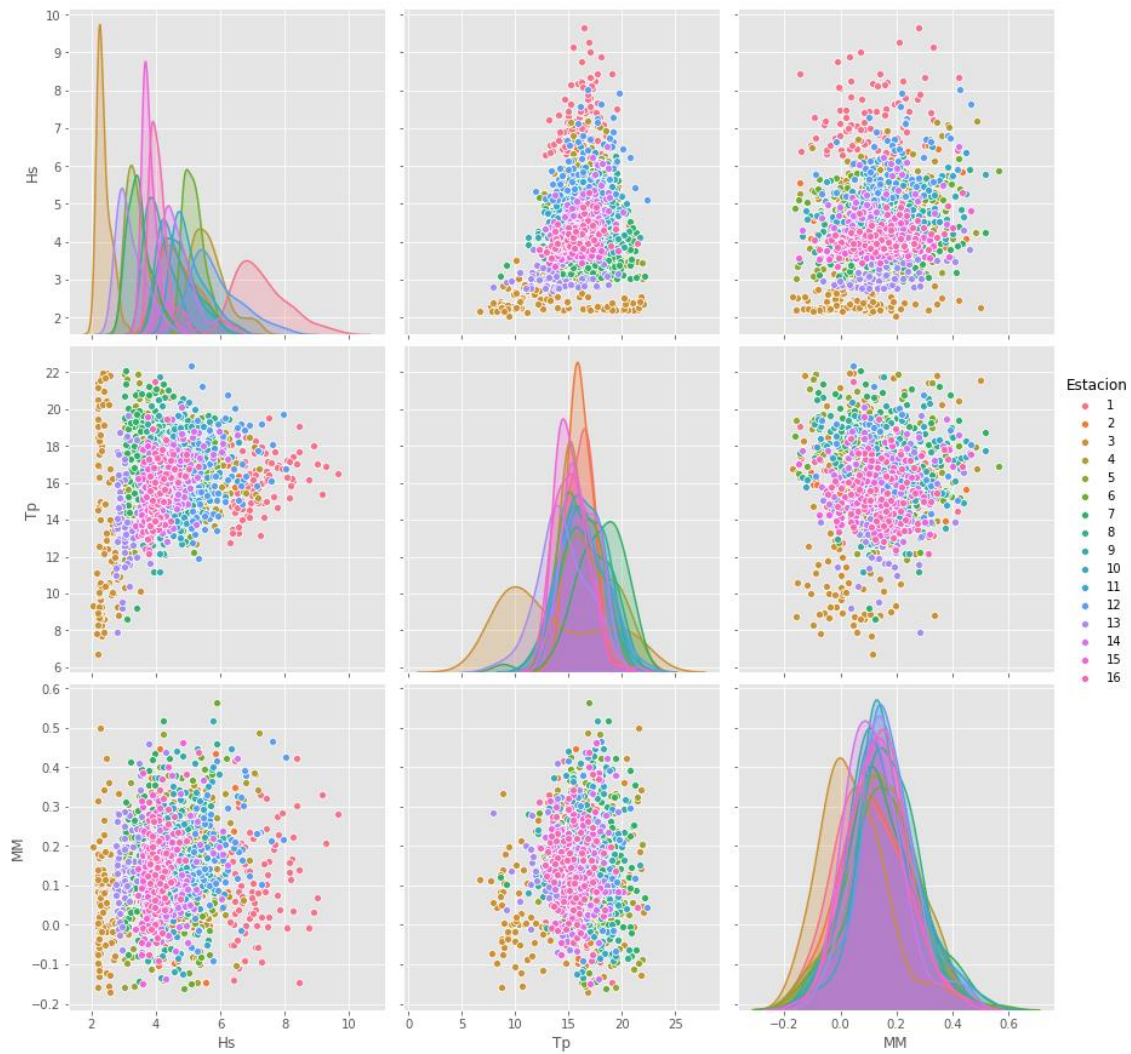


Figura 30: Comparativa de las principales componentes de los temporales en función de la estación

Establecidas las principales componentes a agrupar y realizada una normalización de los datos, como determina la literatura al respecto [19], para obtener una óptima clasificación mediante el método *k-means* es necesario establecer el número de grupos diferentes de temporales. La técnica empleada para ello es la desarrollada por Syakur et al. [20] mediante el método de *Elbow* que permite calcular el número adecuado de clústeres en función del cambio en la curvatura de la suma de los errores cuadráticos en diferentes agrupaciones. En la Figura 31 se muestra dicha gráfica y en base a ella se adopta 5 como el número de clústeres o grupos idóneos.

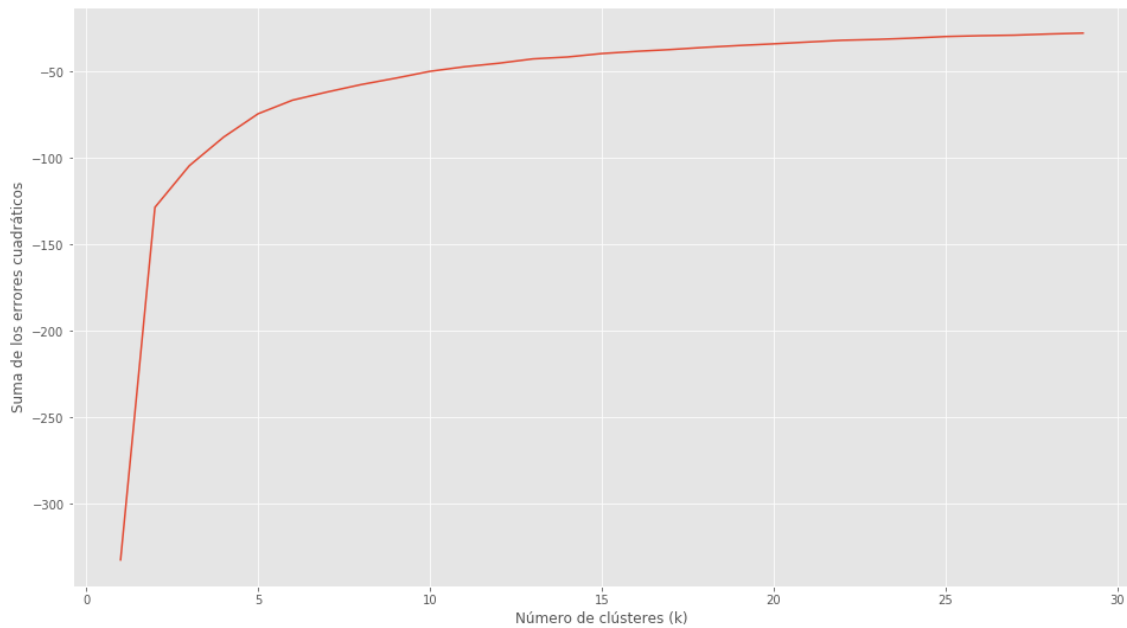


Figura 31: Curva de Elbow para calcular el número idóneo de clústeres

Realizada la agrupación, la Figura 32 nos muestra la diferenciación de los temporales analizados. La estrella indica el centroide de agrupación de cada grupo o clúster. En la Figura 33, se pueden apreciar dichos grupos, que son los siguientes:

- Grupo rojo: temporales de elevado T_p , baja MM y diversidad de Hs.
- Grupo verde: temporales de elevado T_p , diversidad de MM y baja Hs.
- Grupo azul: temporales de elevado T_p , elevada MM y diversidad de Hs.
- Grupo amarillo: temporales de bajo T_p , baja MM y baja Hs.
- Grupo cian: temporales de bajo T_p , diversidad de MM y baja Hs.

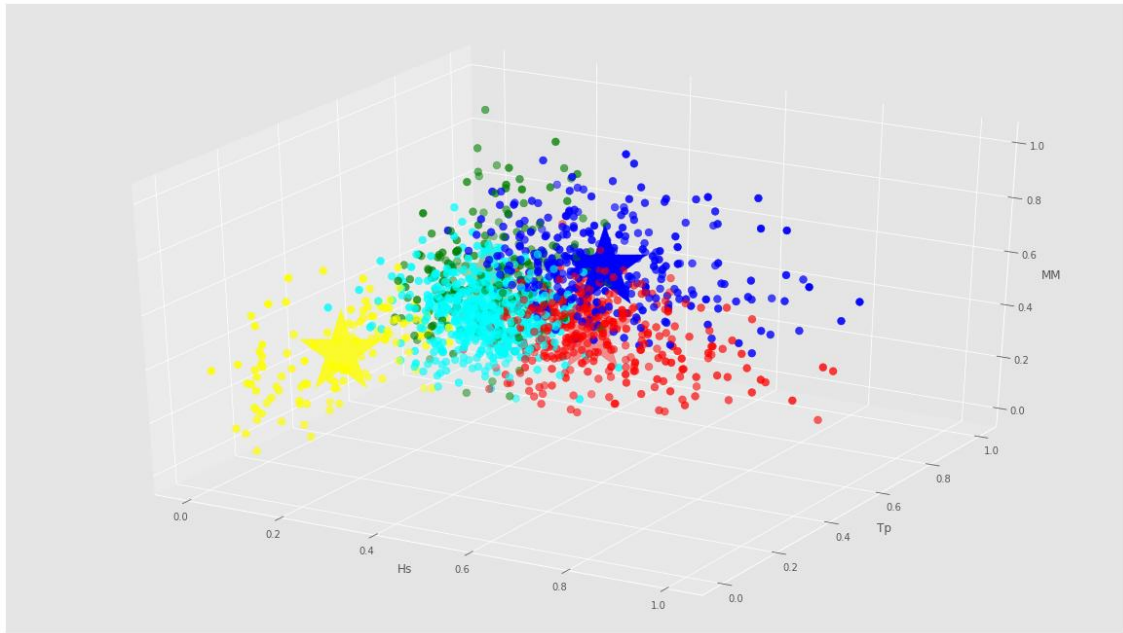


Figura 32: Gráfico de dispersión 3D de los principales componentes de los temporales

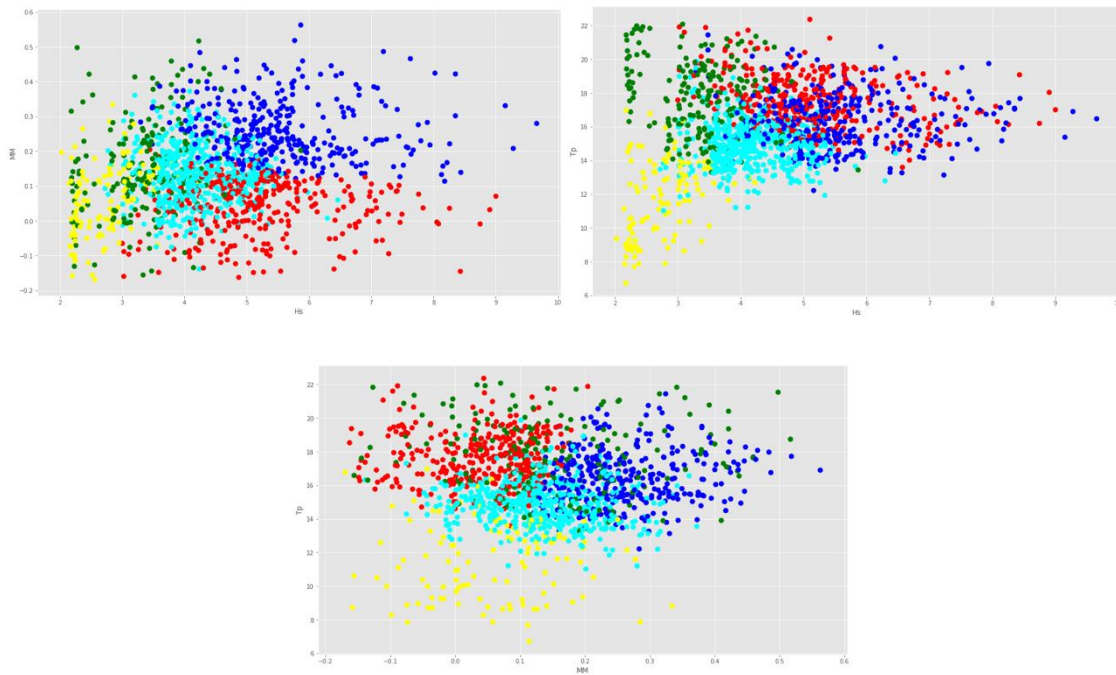


Figura 33: Proyecciones 2D de los principales componentes de los temporales

3.2. Análisis estadístico extremal

Una vez analizados los temporales marítimos de acuerdo con la altura de ola significativa, agrupadas las estaciones en grupos en función de dichos temporales y analizada la dirección del oleaje y el periodo pico de los temporales, se ha procedido a realizar un análisis estadístico extremal. Para ello, se ha calculado y graficado el periodo

de retorno en años para las alturas de ola de cada estación por medio de un análisis POT (ver Anexo 1: Análisis extremal del oleaje). Para la excedencia de valores se emplea una aproximación a una distribución general de Pareto.

El análisis extremal llevado a cabo, se ha realizado, mediante el método de excedencias sobre un umbral POT (Peak Over Threshold). Este método según la definición de la ROM se basa en extraer de las series temporales registradas aquellas tormentas individuales, no dependientes entre sí por su proximidad en el tiempo, que superen un cierto umbral de altura de ola significativa (H_s, T) en el pico del temporal, adoptando como muestra de partida para la obtención del régimen extremal el conjunto de valores alcanzados por la altura de ola significativa en el pico de cada uno de los temporales así seleccionados.

La metodología de cálculo consiste en obtener las probabilidades asociadas diferentes periodos de retorno mediante ajuste una función de distribución de extremos. En este caso se selecciona la muestra de extremos a partir de los valores de un umbral definido de 99.5%. A partir de la ocurrencia de excedencias al año se relacionan los parámetros de la distribución de Pareto con los parámetros que caracterizan una función generalizada de extremos GEV para estimar las probabilidades asociadas a los periodos de retorno.

Una vez realizado el análisis POT, se muestra en la Figura 34 la representación de las alturas de ola significativa (H_s) para el periodo de retorno de 100 años para cada estación. El tamaño del círculo en color azul sirve para representar la magnitud de dicha altura en metros.

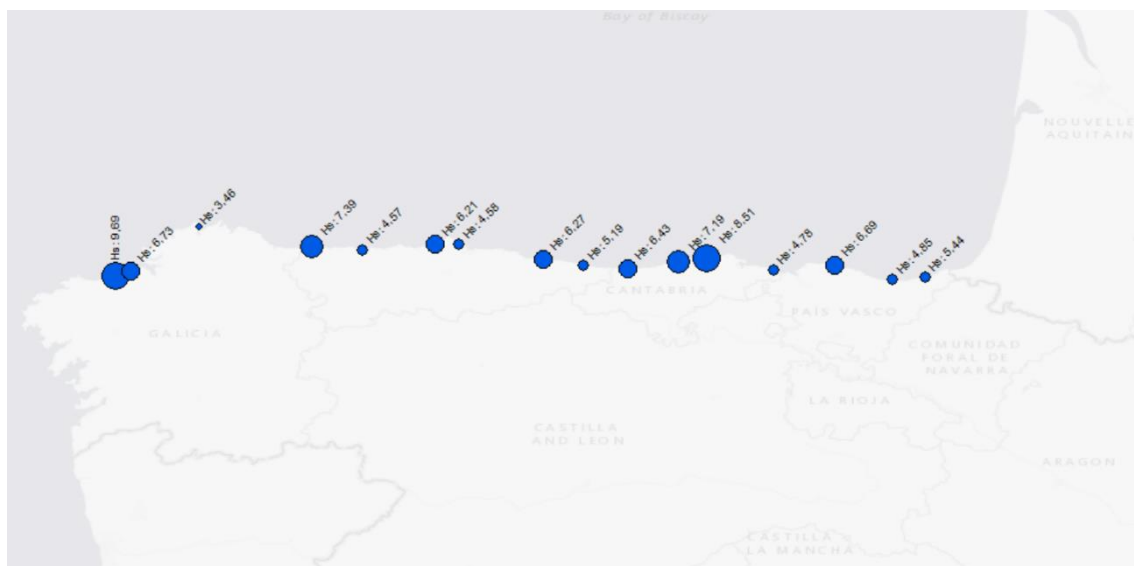


Figura 34: Representación de Hs para el periodo de retorno de 100 años para cada estación

A continuación, en la Tabla 7, se recoge la altura máxima de altura de ola, la fecha en la que se produjo y el periodo de retorno, en años, asociado. Como se puede ver, el mayor periodo de retorno es el de las estaciones de Cariño, Avilés y Llanes y el menor el de San Vicente, Lienres y Santander.

	Máxima Hs (m)	Fecha de la máxima Hs	Periodo de retorno asociado (años)
La Coruña-Langosteira	9,6618	09-Nov-2010 07:00:00	89,45
La Coruña-Playa Riazor	6,5934	09-Nov-2010 05:00:00	49,40
Cariño	3,5048	13-Jan-1987 12:00:00	126,02
Tapia	7,2132	24-Mar-2018 09:00:00	35,80
Luarca	4,559	09-Nov-2010 06:00:00	91,74
Avilés	6,2122	09-Nov-2010 05:00:00	107,56
Candas	4,547	09-Dec-2007 19:00:00	72,55
Ribadesella	6,2721	03-Mar-2014 16:00:00	98,49
Llanes	5,1994	03-Mar-2014 16:00:00	114,30
S. Vicente	6,1152	03-Mar-2014 17:00:00	29,98
Lienres	6,5872	24-Jan-2009 06:00:00	22,40
Santander (Sardinero)	8,1076	24-Jan-2009 06:00:00	34,14
Castro Urdiales	4,5796	07-Feb-1996 23:00:00	38,48
Bermeo	6,5524	26-Feb-1989 05:00:00	61,00
Zumaya	4,8402	26-Feb-1989 05:00:00	96,73
San Sebastián	5,4323	26-Feb-1989 06:00:00	98,62

Tabla 7: Máxima Hs, fecha y periodo de retorno asociado para cada estación

En la Figura 35 se muestra la representación gráfica de la máxima altura de ola de cada estación (recogida en la Tabla 7) así como la fecha en la que se registró. De nuevo, el tamaño del círculo (en este caso en color rojo) muestra la magnitud de la ola.



Figura 35: Representación de la máxima Hs registrada en cada estación

En la Figura 36 se representa el periodo de retorno asociado a la máxima altura de ola registrada en cada una de las estaciones. Este periodo de retorno es el mismo que se recoge en la Tabla 7.

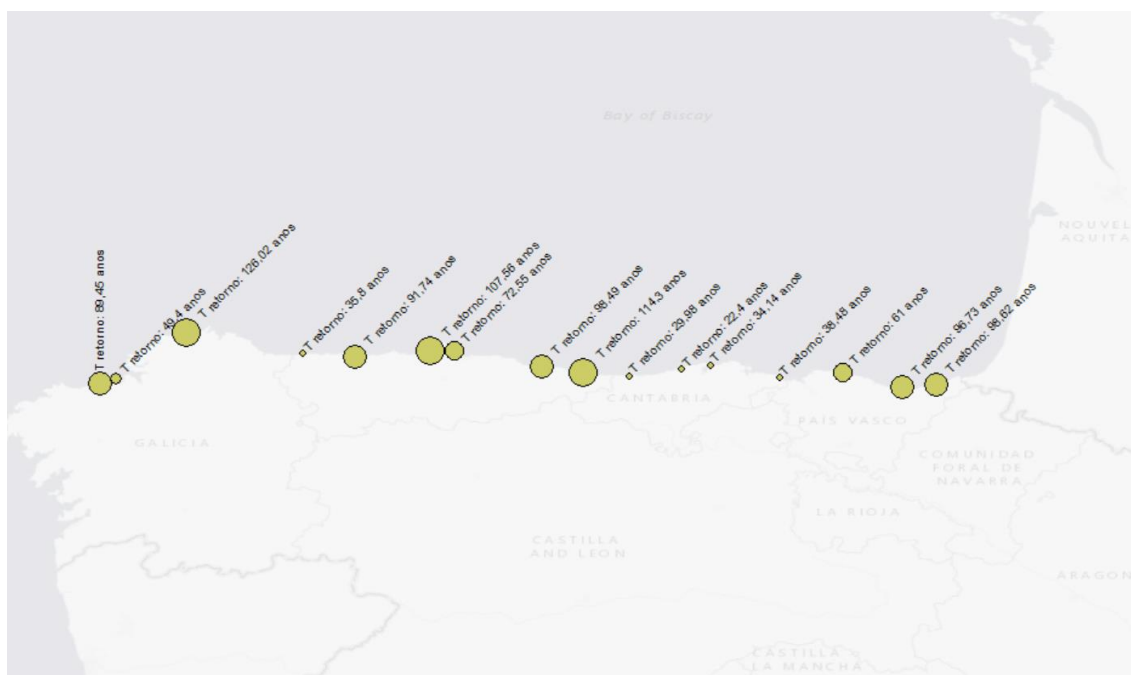


Figura 36: Representación del periodo de retorno asociado a la máxima Hs de cada estación

Finalmente, se ha creado una base de datos con la moda de cada una de las componentes de los registros anuales en cada estación, así como del máximo para cada año de dichas componentes. Esta base de datos puede consultarse en el Anexo 2: Base de datos de registros anuales.

3.3. Hemeroteca sobre los temporales y sus impactos

Como parte del análisis de eventos de temporales marítimos, se ha llevado a cabo la creación de una hemeroteca con el objetivo de tener una fuente de consulta de fechas en las que se produjeron eventos de especial interés por los impactos costeros ocasionados y ver la similitud entre sucesos acontecidos en diversas regiones, así como analizar las componentes de los temporales en el momento de producirse los impactos.

Las fuentes de datos empleadas han sido medios de comunicación locales regionales e incluso nacionales en alguno de los casos para extraer datos e impacto de los eventos en la sociedad. En otros casos se ha empleado también la información facilitada por el propio consorcio de seguros en su portal web quien recoge la mayor parte de eventos en los que ha tenido que intervenir.

En cuanto al tipo de evento, se han clasificado los mismos en 4 grupos principales en función de la principal fuente del daño causado según la reseña periodística mostrada:

- Inundación
- Oleaje y mareas altas
- Lluvia
- Viento

En la Tabla 25 del anexo 3 muestra reflejados: la fecha en la que tuvo lugar el temporal (en algunos casos solo es posible precisar el mes); la Comunidad (Galicia, Asturias, Cantabria o País Vasco); la localización concreta (hay temporales en la que no existe una localización concreta ya que son daños difusos); el titular de la noticia o boletín donde apareció la noticia; el resumen de la noticia; el tipo de peligro (inundación, oleaje, marea alta, etc.); información de los daños y cuantificación (cuando figura en la noticia); la fuente de donde se ha obtenido; enlace a dicha fuente para la consulta.

En la tabla mencionada, podemos analizar la correlación existente entre los eventos mayores registrados y su impacto en la sociedad. Por ejemplo, los eventos acaecidos durante el invierno de 2014, fueron de gran importancia tanto estadística como socialmente. Es de destacar también los eventos registrados en el País Vasco y el impacto en las estructuras que se analizará en el apartado 4.2 del presente trabajo.

La tabla presenta la cuantificación económica de los daños asociados al fenómeno que ha sido extraída de la base de datos del consorcio español de seguros. Tal y como ellos describen sus servicios una de sus funciones es indemnizar los daños producidos por fenómenos naturales o derivados de hechos de incidencia política o social, a condición de tener suscrito un seguro para las personas o bienes afectados.

4. ASOCIACIÓN DE IMPACTOS COSTEROS

4.1. Análisis de la evolución histórica de la cota de inundación.

Una vez finalizado el análisis de eventos de temporales marítimos, se ha procedido al análisis de la evolución de la cota de inundación. La cota de inundación o TWL por sus siglas en inglés (*Total water level*) es la cota que alcanza el nivel del mar debido a la acción conjunta de la marea astronómica, la marea meteorológica y el run-up generado por las olas. La cota de inundación es un indicador de la inundación al tener en cuenta las componentes mencionadas. En la Figura 37 se muestra de manera gráfica.

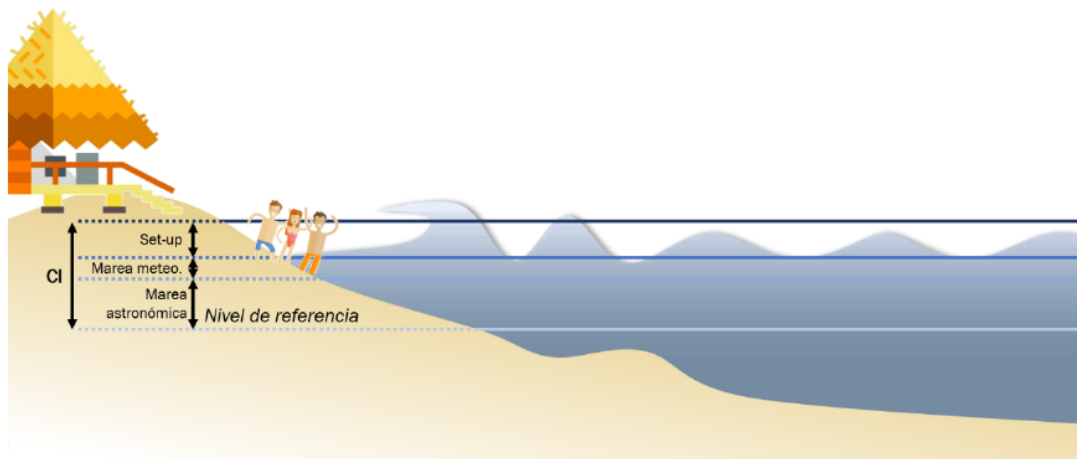


Figura 37: Representación de la cota de inundación (TWL) como suma de tres componentes (Fuente: IH Cantabria)

El set-up que aparece en la Figura 37 es a su vez una combinación del run-up del oleaje (ascenso de la masa del agua en la costa) y es un proceso asociado a la rotura del oleaje. Por su parte, el swash representa el ascenso y descenso de una lámina fina de agua sobre el talud de la playa al producirse la rotura.

Para este estudio, se ha tenido en cuenta el run-up, pero se ha despreciado el swash ya que se considera que no es imprescindible ahondar en el análisis con tanto nivel de precisión.

En cuanto al run-up, existe una amplia diversidad de fórmulas que permiten calcularlo. Para este estudio, se ha empleado una de las más sencillas existentes que es la propuesta por Nielsen y Hanslow (1991) que a su vez contemplan una ecuación para

playas tendidas ($\tan\beta < 0,1$) en las que no es necesario tener en cuenta la pendiente de las mismas, debido a la baja independencia de dicha pendiente en el run-up [21]. Es esta la expresión que se ha empleado al desconocerse la pendiente y dado que con ella el resultado es más conservador (es decir, se obtiene un mayor run-up). Por otro lado, se emplea el run-up del 2% siendo éste el porcentaje de tiempo en el que el run-up es superado. En definitiva, la formulación empleada es la siguiente:

$$z = 0,04(H_s L_\infty)^{0,5} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$L_\infty = \frac{gT_p^2}{2\pi} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$R_{u2\%} = 1,98z \quad (\text{Ecuación 3})$$

Una vez calculada la cota de inundación se han analizado los resultados obtenidos, de manera similar a cómo se realizó el análisis estadístico extremal de las alturas de ola (H_s) en el apartado 3.2. En la Figura 38 se ha representado la cota de inundación (TWL) para el periodo de retorno de 100 años para cada estación. El tamaño del círculo en color rojo sirve para representar la magnitud de dicha altura en metros.

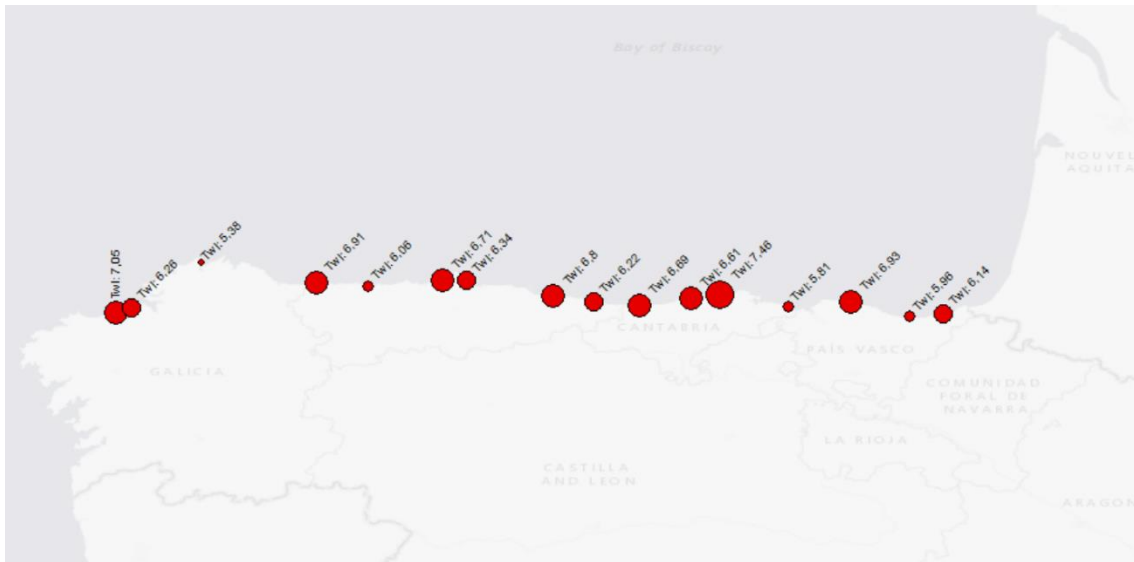


Figura 38: Representación de TWL para el periodo de retorno de 100 años para cada estación

A continuación, en la Tabla 8, se recoge el TWL máximo calculado a partir de la serie histórica utilizada para este trabajo, así como la fecha en la que se produjo y el periodo de retorno, en años, asociado. Como se puede ver, el mayor periodo de retorno

es el de las estaciones de Santander, Liencres y Llanes y el menor el de Tapia, Langosteira y Riazor.

	Máx. TWL (m)	Fecha del máx. TWL	Periodo de retorno asociado (años)
La Coruña-Langosteira		30-Jan-1990	
	7,0213	05:00:00	83,95
La Coruña-Playa Riazor		30-Jan-1990	
	6,2826	06:00:00	115,24
Cariño		09-Nov-2010	
	5,4109	05:00:00	131,14
Tapia		03-Mar-2014	
	6,7797	17:00:00	57,72
Luarca		03-Mar-2014	
	6,1193	17:00:00	138,83
Avilés		03-Mar-2014	
	6,7541	17:00:00	137,68
Candas		03-Mar-2014	
	6,4166	17:00:00	155,60
Ribadesella		03-Mar-2014	
	7,0283	17:00:00	342,05
Llanes		03-Mar-2014	
	6,4084	17:00:00	359,36
S. Vicente		03-Mar-2014	
	6,9183	17:00:00	325,83
Liencres		03-Mar-2014	
	6,8170	17:00:00	365,01
Santander (Sardinero)		03-Mar-2014	
	7,8029	17:00:00	402,53
Castro Urdiales		03-Mar-2014	
	5,9051	17:00:00	155,14
Bermeo		03-Mar-2014	
	6,9832	17:00:00	120,30
Zumaya		03-Mar-2014	
	6,0234	17:00:00	144,48
San Sebastián		03-Mar-2014	
	6,2248	17:00:00	159,56

Tabla 8: Máxima cota de inundación (TWL), fecha y periodo de retorno asociado para cada estación

En la Figura 39 se muestra la representación gráfica del máximo TWL (recogido en la Tabla 8) así como la fecha en la que se registró. De nuevo, el tamaño del círculo (en este caso en color verde) muestra la magnitud de la cota de inundación.

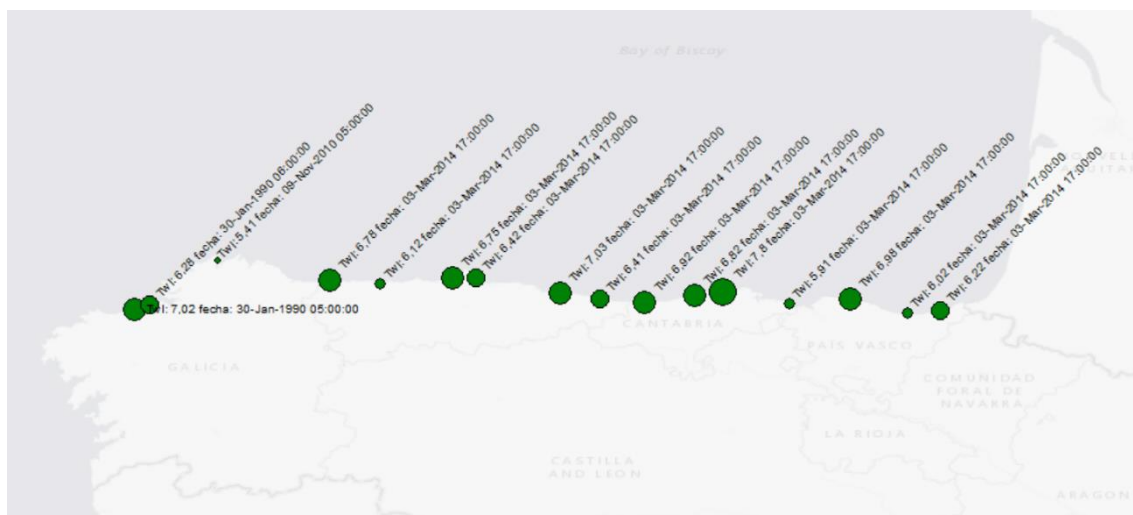


Figura 39: Representación del máximo TWL para cada estación

En la Figura 40 se representa el periodo de retorno asociado a la máxima altura de ola registrada en cada una de las estaciones. Este periodo de retorno es el mismo que se recoge en la Tabla 8.



Figura 40: Representación del periodo de retorno asociado al máximo TWL de cada estación

Por otro lado, se han seleccionado los periodos de retorno cuya cota de inundación (TWL) supera el periodo de retorno de 2 años. Se ha elegido este periodo de retorno para descartar aquellos temporales de ocurrencia habitual a lo largo de un periodo invernal.

En primer caso (Figura 41), se muestran los resultados para las estaciones del Atlántico. Se puede observar como la incidencia del mismo temporal es distinta en función de la estación.

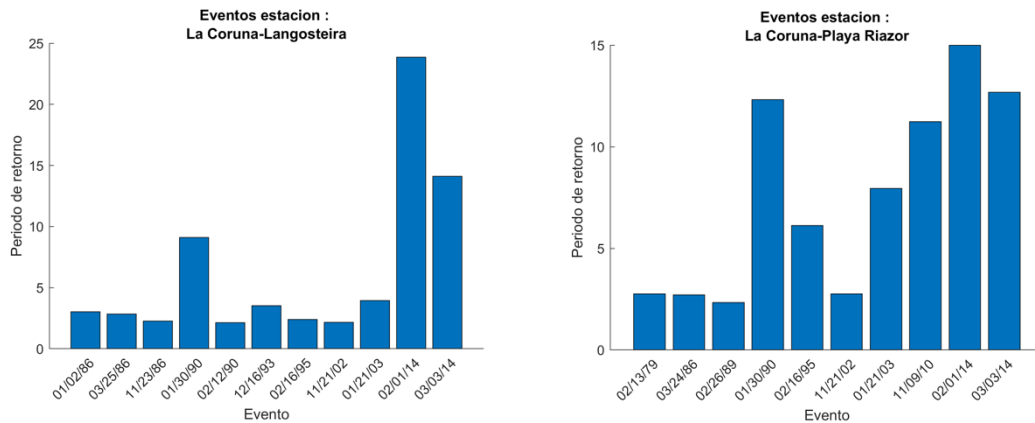
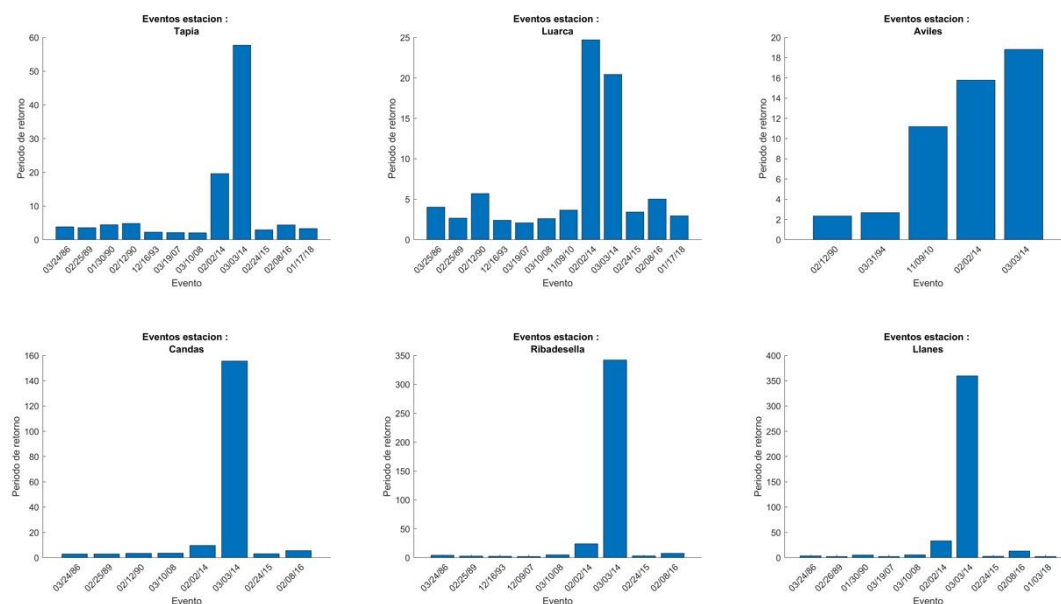


Figura 41: Eventos con periodo de retorno superior a 2 años en las estaciones del Atlántico

En el caso de las estaciones del Cantábrico (Figura 42), los resultados son muy similares, especialmente en el conjunto de estaciones centrales (Candás, Ribadesella, Llanes, San Vicente de la Barquera y Llanes). En todas las estaciones puede observarse el alto periodo de retorno del temporal del 3 de marzo de 2014.



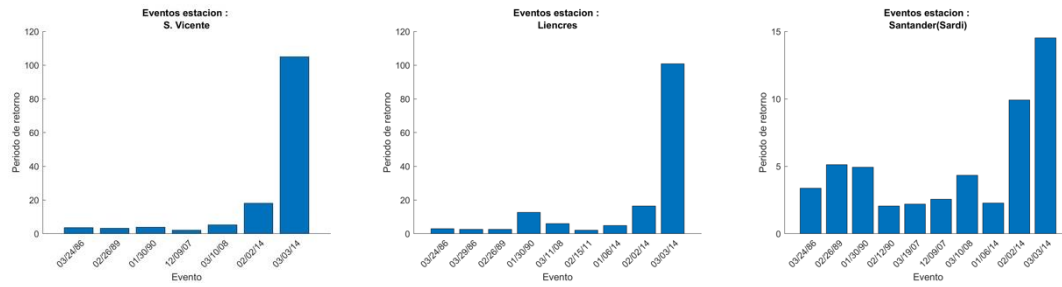


Figura 42: Eventos con periodo de retorno superior a 2 años en las estaciones del Cantábrico

Por último, se muestran los resultados en las estaciones del Golfo de Vizcaya (Figura 43). De nuevo, se aprecian similitudes entre las gráficas de las estaciones del mismo grupo, destacando en este caso la incidencia del temporal del 2 de febrero del año 2014.

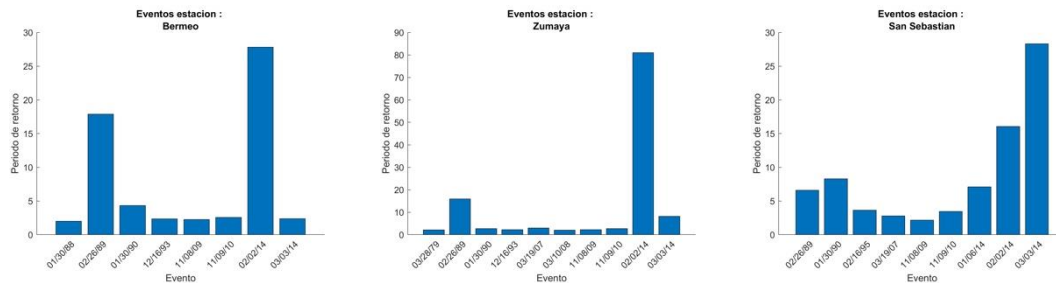


Figura 43: Eventos con periodo de retorno superior a 2 años en las estaciones del Golfo de Vizcaya

Aunque el propósito de este apartado es el análisis de la evolución histórica de la cota de inundación, de nuevo se ha podido demostrar la existencia de tres grupos de estaciones en función de la localización que muestran patrones similares de comportamiento frente a los eventos.

Si se agrupan los eventos de más de 2 años de periodo de retorno en grupos en función del periodo de retorno de los eventos, se puede analizar cuales son las estaciones que se han visto sometidas a temporales de mayor dureza. En la Figura 44 se pueden ver los resultados.

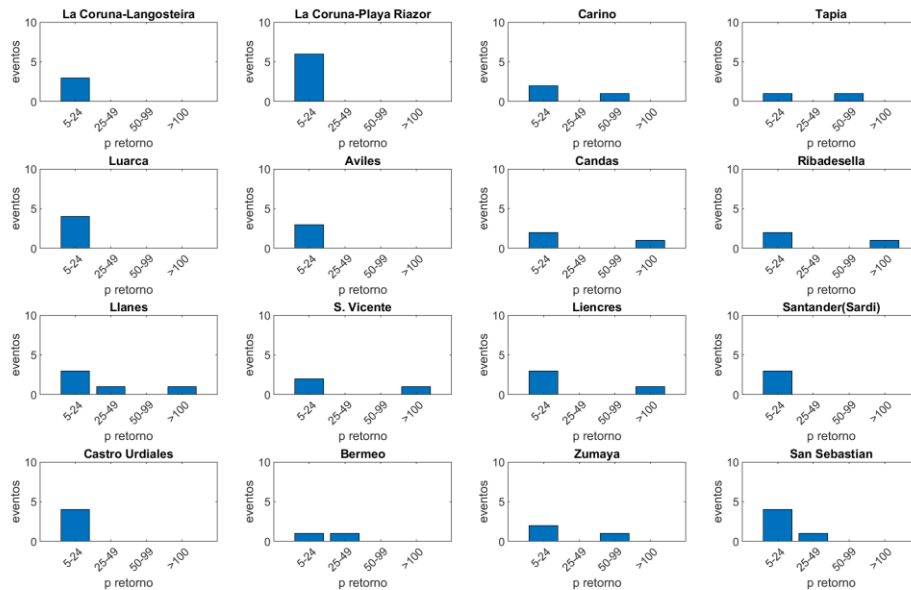


Figura 44: Agrupación de los eventos en función del periodo de retorno registrado

Se concluye que las estaciones en las que se registró el evento del 3 de marzo de 2014 son aquellas en las que ha habido un temporal con mayor periodo de retorno y, por tanto, ha podido provocar un mayor daño en las estructuras portuarias.

4.2. Estudio de variabilidad climática en el daño a infraestructuras.

Como parte final de la evaluación de impactos costeros se ha realizado un análisis del daño sufrido en infraestructuras portuarias. Para dicho análisis se ha empleado la formulación de Van der Meer [22] que emplea las dimensiones de los bloques de los puertos para el cálculo del daño acumulado. Es importante destacar que, al aplicar esta formulación, se ha asumido que el daño al comienzo de cada año es nulo.

Se concluye que solo existe daño en dos diques: en el de Llanes durante el invierno de 2013/2014 (Figura 45) y en el de Bermeo en varios inviernos (del año 1984/1985 al 1989/1990, del 1993/1994 al 1997/1998, del 2000/2001 a 2001/2002, el 2004/2005, del 2006/2007 al 2010/2011 y del 2012/2013 al 2013/2014). En la Figura 46 se muestra una selección de las gráficas de daño acumulado obtenidas. Estas gráficas son las que representan los mayores daños obtenidos.

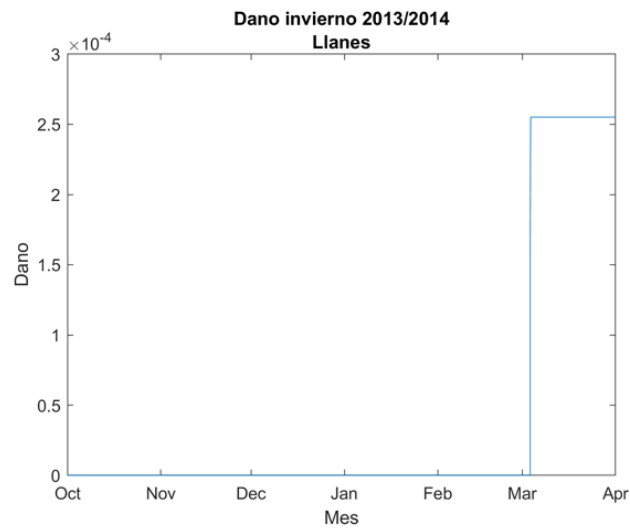


Figura 45: Daño acumulado en el dique de Llanes en el invierno de 2014

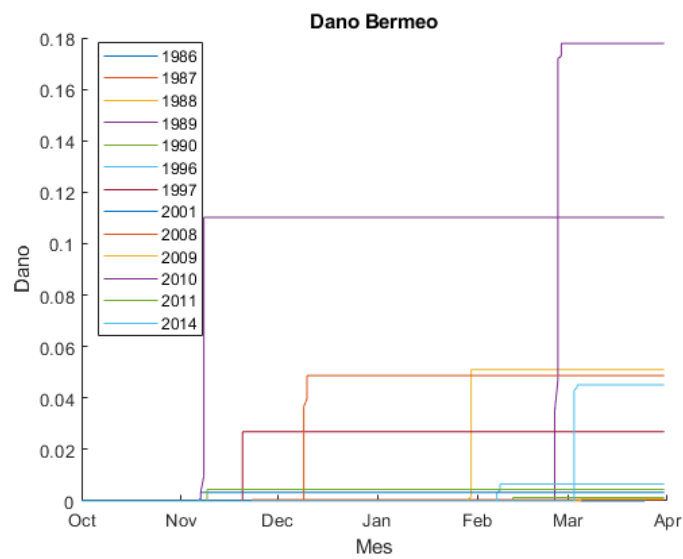


Figura 46: Daño acumulado en una selección de inviernos en el dique de Bermeo

Es importante destacar que en lo que respecta al dique de Bermeo, sufrió graves daños debidos al embate del mar durante el invierno del año 2014 [23]. En febrero del año 2016, el oleaje abrió de nuevo una grieta en el rompeolas, aunque el daño no fue tan grave como durante el invierno de 2014 [24]. En la siguiente imagen (Figura 47) se puede observar la brecha que se originó en el dique en 2014.



Figura 47: Grieta originada en el dique durante el invierno de 2014 (Fuente: Cadena Ser)

5. CONCLUSIONES

El trabajo de análisis realizado ha consistido en 3 ejes fundamentales relacionados con el análisis de eventos costeros. Por un lado, se ha realizado el análisis de una hemeroteca periodística de eventos detectados, así como su impacto económico y social clasificando los eventos en 4 grupos según el impacto provocado. Por otro lado, se ha realizado un análisis estadístico de los datos registrados por 16 estaciones del litoral costero del norte de España. Finalmente se ha realizado un análisis de los impactos costeros asociados y el daño que han provocado en las estructuras portuarias anexas a los puntos de estudio.

Dentro del análisis de las estaciones y sus características principales (altura del oleaje, periodo medio, periodo pico, dirección del viento, etc.) Se ha realizado una clasificación de los diferentes tipos de estaciones mediante un análisis de correlación pudiendo concluir la existencia de 3 tipos fundamentales de estaciones que corresponden con 3 áreas geográficas diferenciadas. Un primer grupo en el que se ubican las estaciones del Atlántico, otra con todas las estaciones del litoral cantábrico y por último las correspondientes al golfo de Vizcaya. Los resultados de correlación de parámetros, así como de coincidencia de los temporales registrados por las mismas corroboran la existencia clara y diferenciada de estos 3 grupos.

Otro de los resultados relevantes extraídos del análisis de la cota de inundación, su evolución y la repercusión de los daños en los medios de comunicación es el fuerte impacto del temporal registrado durante el invierno del año 2014, resultando el de mayor cuantía económica, así como el de mayores valores en cuanto al periodo de retorno de los máximos alcanzados especialmente en el grupo de estaciones correspondientes con el litoral cantábrico.

En relación al daño sufrido por las infraestructuras, el análisis llevado a cabo mediante la valoración de daños de la hemeroteca unido al daño provocado en las infraestructuras civiles permite concluir como el mayor impacto económico viene asociado a los temporales que más daño causaron a las infraestructuras.

El análisis de agrupación de tipos de temporales mediante la creación de 5 grandes clústeres mediante el método de los K-means y la selección de 3 variables descriptivas fundamentales, nos permite también ubicar los temporales más dañinos registrados (los de mayor periodo de retorno asociado) dentro del grupo azul de entre los definidos, que cuentan con un elevado periodo pico una elevada altura de ola y una marea meteorológica elevada.

Creada una clasificación de temporales, se presentaría como un plan de trabajo futuro, mediante la creación de una nueva línea de estudio derivada del trabajo llevado a cabo la creación de categorías de daño que permitan a las empresas aseguradoras cuantificar de una manera rápida y concreta el tipo de temporales. La creación de los 5 niveles propuestos puede suponer un punto de partida para la creación de una escala de valoración del daño provocada por las condiciones asociadas a cada evento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gabinete de prensa del Magrama, “El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente inicia hoy las obras para reparar los daños causados por los temporales en País Vasco y Cantabria,” 2014.
- [2] El País, “Temporal: Viento y olas gigantes en País Vasco, Cantabria, Asturias y Galicia | España | EL PAÍS,” 2014. [Online]. Available: https://elpais.com/politica/2014/02/07/actualidad/1391806770_014138.html. [Accessed: 02-Aug-2019].
- [3] El País, “El temporal provoca olas gigantes de hasta 13 metros de altura en el Cantábrico | Actualidad | EL PAÍS,” 2014. [Online]. Available: https://elpais.com/elpais/2014/02/03/actualidad/1391412691_659227.html. [Accessed: 02-Aug-2019].
- [4] Consorcio de Compensación de Seguros, “La cobertura de los riesgos extraordinarios en España.,” 2018.
- [5] Gabinete de prensa del MAGRAMA, “El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente inicia hoy nuevas obras para reparar los daños causados por los temporales en Galicia, Asturias, Cantabria y País V,” 2014.
- [6] Europa Press, “El mar machaca las viviendas de Somo, que han sido desalojadas,” *Eur. Press*, 2014.
- [7] T. San José and A. Verano, “Las olas invaden los paseos marítimos | El Diario Montañes,” 2018. [Online]. Available: <https://www.eldiariomontanes.es/santander/santander-registra-olas-20180117115104-nt.html>. [Accessed: 02-Aug-2019].
- [8] P. Lamadrid, “Temporal en Asturias: el oleaje se ceba con los puertos pequeños | El Comercio,” 2018. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.es/asturias/oleaje-temporal-asturias->

- 20180118000652-ntvo.html. [Accessed: 02-Aug-2019].
- [9] Instituto Geográfico Nacional, “España a Través de los Mapas.” [Online]. Available: https://www.ign.es/espmap/clima_bach.htm. [Accessed: 29-Aug-2020].
- [10] Instituto Geográfico Nacional, “Clima oceánico costero.”
- [11] IH Cantabria, “IH Data GLOBAL Wave , current and wind data.”
- [12] IH Cantabria, “Información meteo-oceanográfica.” [Online]. Available: <http://www.ihcantabria.com/es/servicios/datosmetoceanograficos/item/254-informacion-meteo-oceanografica>. [Accessed: 08-Aug-2019].
- [13] J. Perez, M. Menendez, and I. J. Losada, “GOW2: A global wave hindcast for coastal applications,” *Coast. Eng.*, vol. 124, no. January, pp. 1–11, 2017.
- [14] IH Cantabria, “Metodología para la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo de inundación costera en España.” [Online]. Available: <http://iole.ihcantabria.com/metodologia/>. [Accessed: 29-Aug-2020].
- [15] N. Booij, L. H. Holthuijsen, and R. C. Ris, “The ‘Swan’ Wave Model for Shallow Water,” in *Coastal Engineering 1996, 1997*, pp. 668–676.
- [16] F. J. Méndez, M. Menéndez, A. Luceño, and I. J. Losada, “Estimation of the long-term variability of extreme significant wave height using a time-dependent Peak Over Threshold (POT) model,” *J. Geophys. Res.*, vol. 111, no. C7, p. C07024, 2006.
- [17] A. Likas, N. Vlassis, and J. J. Verbeek, “The global k-means clustering algorithm,” *Pattern Recognit.*, vol. 36, no. 2, pp. 451–461, Feb. 2003.
- [18] S. Wold, K. Esbensen, and P. Geladi, “Principal component analysis,” *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 2, no. 1–3, pp. 37–52, Aug. 1987.
- [19] C. Saranya and G. Manik, “A study on Normalization Techniques for Privacy Preserving Data Mining,” *Int. Journal Eng. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 2701–2704, 2013.

- [20] M. A. Syakur, B. K. Khotimah, E. M. S. Rochman, and B. D. Satoto, "Integration K-Means Clustering Method and Elbow Method For Identification of The Best Customer Profile Cluster," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 336, p. 012017, Apr. 2018.
- [21] F. Lauderdale, P. Nielsen, and D. J. Hanslow, "Wave runup distributions on natural beaches," *Journal Coast. Res.*, vol. 7, no. 4, pp. 1139–1152, 1991.
- [22] CIRIA, "Physical processes and design tools," in *The Rock Manual: The use of rock in hydraulic engineering: C683*, 2007.
- [23] "Reclaman la urgente reparación del dique de la playa de Bermeo para «garantizar la seguridad» | El Correo." [Online]. Available: <https://www.elcorreo.com/bizkaia/costa/201703/30/reclaman-urgente-reparacion-dique-20170329232100.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F>. [Accessed: 31-Aug-2020].
- [24] "Bermeo recobra la calma | El Correo." [Online]. Available: <https://www.elcorreo.com/bizkaia/costa/201602/10/bermeo-recobra-calma-20160210130900.html>. [Accessed: 31-Aug-2020].

Anexo 1: Análisis extremal del oleaje con POT

Como ya se mencionó en el apartado 3.2, el análisis extremal del oleaje se ha realizado empleando el método POT (*Peak over threshold*). En este anexo, se reúnen todas las gráficas que aplicando dicho método se han obtenido.

En primer lugar, en la Figura 48, se muestra el periodo de retorno en años para las alturas de ola de las estaciones del Atlántico. Se observa que en la estación de Langosteira, las alturas de ola asociadas a los periodos de retorno son mayores que las de Riazor. Parece razonable pensar que este hecho puede ser debido a la ubicación de ambas estaciones, mientras que la de Langosteira se encuentra en una zona más expuesta al oleaje, la de Riazor lo está en un lugar más protegido.

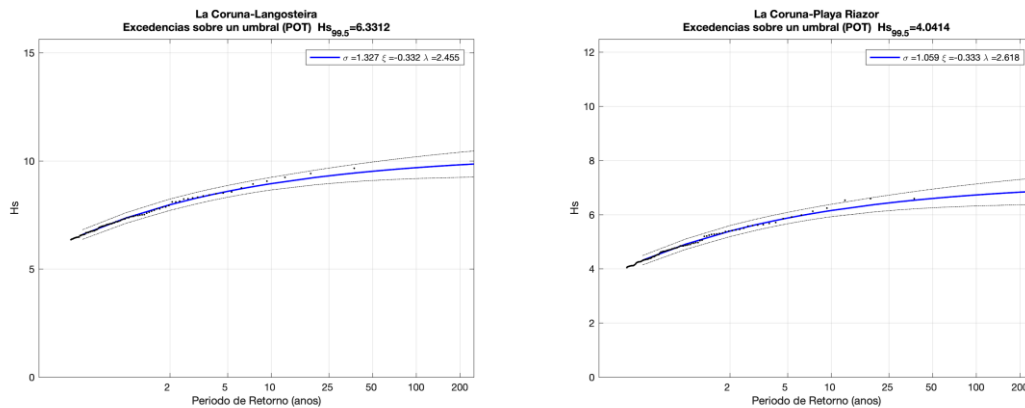


Figura 48: Periodo de retorno para H_s en las estaciones del Atlántico

En las gráficas de la Figura 49, se muestra el periodo de retorno para dos estaciones representativas de las tres del Golfo de Vizcaya. En este caso las curvas muestran gran similitud y en este caso es la estación de San Sebastián la que tiene menores alturas de ola asociadas. De nuevo, puede ser debido a la ubicación más protegida de esta estación.

Anexo 1: Análisis extremal del oleaje con POT

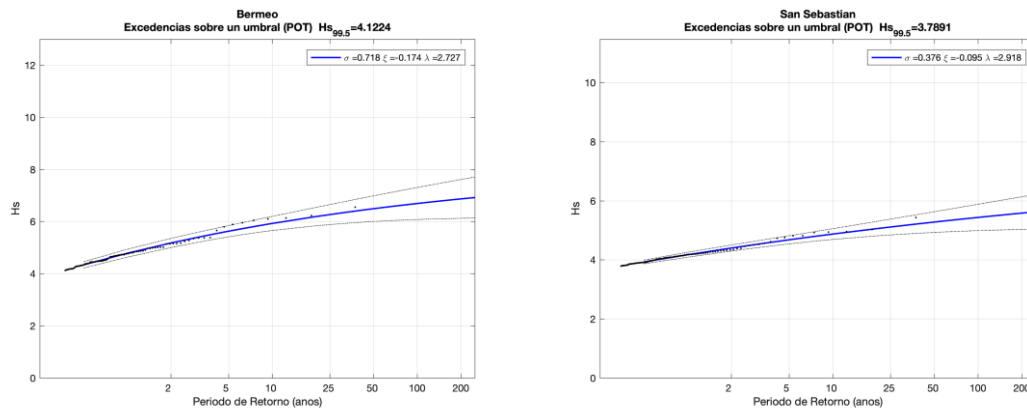


Figura 49: Periodo de retorno para H_s en las estaciones del Golfo de Vizcaya

Por último, en la Figura 50, se muestran los periodos de retorno para el Cantábrico, tomando como ejemplo cuatro de las estaciones. La conclusión a la que se puede llegar con estas gráficas, es similar a la de los casos anteriores: las curvas de las estaciones que conforman el grupo mantienen parecidos entre ellas (o al menos entre algunas) pero se observan diferencias en cuanto a las alturas asociadas a los periodos de retorno.

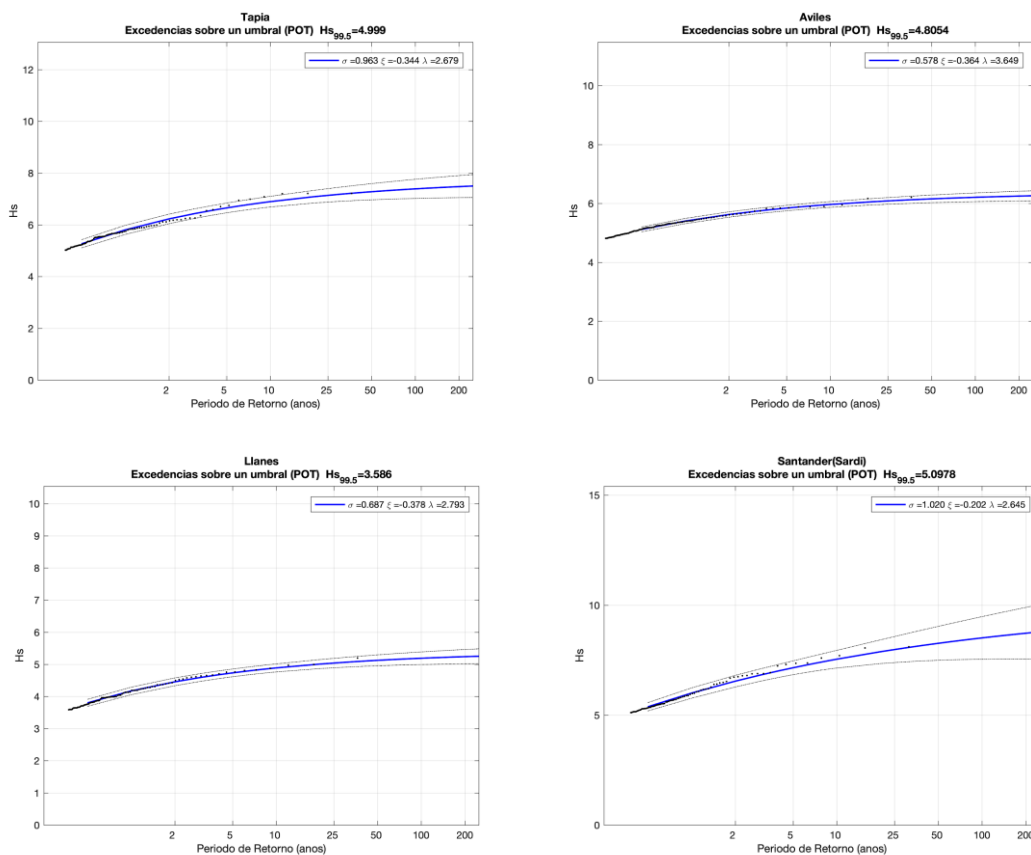


Figura 50: Periodo de retorno para H_s en las estaciones del Cantábrico

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.9 (6.0773)	9.75 (17.6876)	-1.4088 (5.0408)	300
1986	1 (8.9264)	11.5 (18.8062)	-1.3178 (6.3634)	300
1987	1.2 (5.9645)	11.25 (17.9703)	-1.3635 (4.7843)	300
1988	1.2 (8.2298)	9.25 (17.6667)	-1.2505 (5.7755)	300
1989	0.9 (9.2438)	8.75 (17.7405)	-1.2515 (5.9631)	300
1990	1.7 (7.5774)	8.5 (19.5056)	-1.266 (7.0213)	330
1991	1.1 (7.783)	9.5 (18.5265)	-1.3675 (5.5915)	330
1992	1.3 (5.6276)	9.5 (17.4288)	-1.4289 (5.0254)	330
1993	0.9 (7.8749)	9.25 (17.2645)	-1.4689 (6.2772)	300
1994	1.1 (7.5129)	8.25 (18.1241)	-1.2502 (5.6199)	300
1995	1 (7.1255)	9.25 (18.3475)	-1.3904 (6.4753)	330
1996	1.2 (8.2429)	9.5 (18.9194)	-1.5362 (5.5834)	300
1997	1 (6.4024)	9.75 (18.0125)	-1.6519 (5.049)	300
1998	1.1 (7.4287)	8.75 (18.6284)	-1.4183 (6.0129)	330
1999	1.2 (6.903)	11.25 (18.0574)	-1.4924 (5.5586)	330
2000	1 (7.3707)	10.25 (17.8489)	-1.4592 (5.7323)	330
2001	1.2 (6.4326)	9.5 (17.6293)	-1.3886 (5.616)	300
2002	1.2 (7.6217)	11 (17.5966)	-1.3174 (6.097)	300
2003	1.1 (8.5662)	9.25 (19.3589)	-1.4723 (6.547)	300
2004	0.9 (6.6841)	9.5 (18.9103)	-1.3926 (5.5027)	330
2005	1 (8.4728)	9.25 (20.0377)	-1.3957 (5.982)	330
2006	0.8 (7.8562)	9 (18.2037)	-1.6712 (5.8818)	300
2007	1.1 (8.1067)	8.25 (18.6987)	-1.3199 (5.8533)	330
2008	1.1 (7.7866)	8.75 (17.9074)	-1.2808 (6.35)	300
2009	1.2 (8.7524)	10.5 (18.0565)	-1.2892 (5.7599)	300
2010	1.1 (9.6618)	9.75 (17.393)	-1.5113 (6.9874)	330
2011	1.3 (7.0999)	10.75 (19.3343)	-1.5259 (5.8766)	300
2012	1 (6.1058)	9 (17.6747)	-1.4402 (5.5622)	300
2013	1.1 (6.5388)	9.5 (18.7906)	-1.4123 (5.1935)	300
2014	1 (9.0578)	11.5 (20.7746)	-1.7782 (6.7939)	300
2015	1.3 (8.0707)	9.25 (17.0134)	-1.5191 (6.0282)	300

Tabla 9: Registros anuales de la estación de Langosteira

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.4 (4.2667)	9.5 (18.5518)	-1.649 (4.4712)	330
1986	0.4 (6.1211)	12.25 (18.0647)	-1.575 (5.5848)	330
1987	0.4 (3.5979)	13 (18.0673)	-1.6655 (4.0646)	330
1988	0.4 (5.6265)	10.5 (17.6667)	-1.47 (5.0783)	330
1989	0.4 (6.5879)	9 (19.2819)	-1.4367 (5.34)	330
1990	0.4 (5.4958)	12 (19.5836)	-1.521 (6.2826)	330
1991	0.5 (4.9711)	12.25 (18.1422)	-1.7174 (4.7698)	330

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

1992	0.7 (3.5633)	10 (17.8462)	-1.6395 (4.1632)	330
1993	0.5 (5.2435)	10 (18.1173)	-1.7317 (5.2282)	330
1994	0.5 (4.8637)	10.5 (18.5047)	-1.5454 (5.1022)	330
1995	0.5 (5.0394)	10.75 (18.2213)	-1.6329 (5.6532)	330
1996	0.6 (5.5755)	10 (18.3461)	-1.8085 (4.9761)	330
1997	0.4 (4.2536)	9.75 (18.3415)	-1.8525 (4.5248)	330
1998	0.6 (5.1966)	11.25 (18.9047)	-1.5996 (5.1971)	330
1999	0.6 (4.2254)	11 (18.6098)	-1.6526 (4.9359)	330
2000	0.5 (4.7652)	12.25 (18.5474)	-1.6309 (5.054)	330
2001	0.4 (4.2771)	11 (18.5059)	-1.5943 (5.1285)	330
2002	0.6 (5.3055)	13.25 (18.9517)	-1.4605 (5.39)	330
2003	0.4 (5.9844)	10.25 (19.5555)	-1.8159 (5.9534)	330
2004	0.4 (4.1016)	11.5 (17.9953)	-1.5237 (4.6332)	330
2005	0.5 (5.6131)	9.75 (19.1667)	-1.7108 (4.7544)	330
2006	0.4 (5.4123)	11.5 (18.407)	-1.8458 (5.0971)	330
2007	0.7 (5.2709)	11 (17.7816)	-1.5583 (4.7464)	330
2008	0.5 (5.2028)	10 (17.6667)	-1.7613 (5.4406)	330
2009	0.6 (5.7104)	12 (18.1166)	-1.4932 (4.8137)	330
2010	0.5 (6.5934)	9.25 (17.6559)	-1.6288 (6.0759)	330
2011	0.6 (4.7877)	11.75 (19.082)	-1.7559 (5.0322)	330
2012	0.5 (3.8031)	11.25 (17.3442)	-1.7579 (5.103)	330
2013	0.5 (3.8826)	9.5 (19.3876)	-1.6408 (4.399)	330
2014	0.4 (6.237)	10.25 (21.5778)	-1.9602 (5.8737)	330
2015	0.6 (5.2524)	9.5 (17.1602)	-1.6862 (4.9442)	330

Tabla 10: Registros anuales de la estación de Riazor

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.7 (2.2864)	8.5 (19.3811)	-1.6872 (3.8955)	30
1986	0.5 (2.457)	7.5 (22.4462)	-1.6421 (4.7637)	30
1987	0.4 (3.5048)	9 (19.7471)	-1.7131 (3.8734)	30
1988	0.5 (2.235)	7.5 (21.1323)	-1.699 (4.1873)	30
1989	0.7 (2.8246)	7.75 (21.536)	-1.6228 (4.7787)	30
1990	0.6 (2.6339)	7.75 (22.0301)	-1.5711 (5.1698)	30
1991	0.6 (2.7303)	7.75 (20.1747)	-1.7049 (4.2928)	30
1992	0.5 (2.898)	10 (19.079)	-1.764 (3.9636)	30
1993	0.6 (2.8646)	8.75 (20.523)	-1.7803 (4.6614)	30
1994	0.5 (2.6653)	9.75 (20.1743)	-1.7025 (4.3637)	30
1995	0.5 (2.3547)	9 (21.7619)	-1.7978 (4.748)	30
1996	0.5 (2.7846)	7.25 (21.4566)	-1.8572 (4.246)	30
1997	0.7 (2.3065)	7.5 (20.1372)	-2.0287 (3.9908)	30
1998	0.7 (2.471)	8 (21.6765)	-1.6869 (4.463)	30
1999	0.5 (2.522)	10.25 (21.4994)	-1.7649 (4.4246)	30
2000	0.7 (2.5793)	10 (20.8406)	-1.8583 (4.4441)	30
2001	0.6 (2.521)	9 (20.9768)	-1.7859 (4.2352)	30
2002	0.9 (2.0254)	13.25 (20.8336)	-1.7246 (4.4094)	30
2003	0.6 (2.6733)	9.5 (22.0604)	-1.8123 (5.0064)	30

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

2004	0.5 (2.5226)	8.75 (19.4899)	-1.7838 (4.3755)	30
2005	0.7 (2.8526)	6.5 (21.8307)	-1.7671 (4.2604)	30
2006	0.5 (2.862)	7.25 (20.6413)	-1.809 (4.2867)	30
2007	0.8 (2.7345)	8.75 (21.148)	-1.6226 (4.7329)	30
2008	0.7 (3.1866)	8.5 (20.2619)	-1.5892 (4.7556)	30
2009	0.8 (2.463)	9.5 (21.5783)	-1.7351 (4.3875)	30
2010	0.6 (2.5312)	6 (21.8178)	-2.0033 (5.4109)	30
2011	0.7 (1.9982)	12.75 (21.6128)	-1.8351 (4.3424)	30
2012	0.6 (2.2562)	9.25 (20.4426)	-1.8109 (4.4124)	30
2013	0.6 (2.2409)	9.25 (21.5119)	-1.9244 (4.0724)	30
2014	0.5 (2.4384)	7.25 (24.3116)	-1.8535 (5.3033)	30
2015	0.4 (2.2104)	10 (20.6748)	-1.821 (4.3923)	30

Tabla 11: Registros anuales de la estación de Cariño

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	1 (5.396)	10.75 (20.1212)	-1.5317 (5.2006)	330
1986	1.4 (6.5806)	14.5 (21.3111)	-1.5451 (5.9922)	330
1987	1.2 (4.8311)	10 (22.3003)	-2.0337 (4.904)	330
1988	1.5 (5.8373)	11.25 (19.0923)	-1.5444 (5.2677)	330
1989	1 (7.2026)	12.25 (20.0673)	-1.2985 (5.9676)	330
1990	1.2 (6.156)	10.75 (20.0609)	-1.3397 (6.4101)	330
1991	1.2 (5.6183)	10.75 (21.2996)	-1.5873 (5.2033)	330
1992	1.5 (5.2388)	10.5 (20.5326)	-1.7728 (5.3141)	330
1993	1.7 (5.8409)	10.25 (20.4669)	-1.8176 (5.7927)	330
1994	1.3 (5.6594)	11.25 (18.9636)	-1.3831 (5.7467)	330
1995	1 (5.5549)	9.75 (20.2069)	-1.8117 (5.8632)	330
1996	1.1 (5.8948)	10.75 (20.0214)	-1.5948 (5.4775)	330
1997	1 (5.0373)	10.25 (20.886)	-1.6329 (4.9166)	330
1998	1.2 (5.5525)	10 (21.0172)	-1.59 (5.5632)	330
1999	1.4 (5.9517)	12.25 (19.7879)	-1.6187 (5.4225)	330
2000	1 (6.7057)	10 (20.4187)	-1.8278 (5.3818)	330
2001	1.3 (6.9442)	10.5 (19.963)	-1.2774 (5.6381)	330
2002	1.4 (4.9701)	13.25 (18.3259)	-1.2735 (5.2846)	330
2003	1.2 (5.5627)	9.75 (22.5463)	-1.4664 (5.7903)	330
2004	1.3 (5.3561)	10.5 (18.4141)	-1.4354 (5.338)	330
2005	1.1 (6.5475)	10 (19.9908)	-1.7468 (5.1894)	330
2006	1.4 (5.7421)	10 (21.0645)	-1.5611 (5.4802)	330
2007	1.5 (6.7523)	13.5 (21.9487)	-1.5012 (5.919)	330
2008	1.2 (6.1995)	10.5 (19.9948)	-1.4816 (6.0377)	330
2009	1.5 (7.2131)	10 (18.7001)	-1.2637 (5.5943)	330
2010	1.4 (7.0827)	10 (20.3513)	-1.368 (6.6931)	330
2011	1.6 (5.2554)	13.25 (21.4316)	-1.6805 (5.311)	330
2012	1.4 (5.6908)	10.5 (20.2986)	-1.5125 (5.3614)	330
2013	1.3 (5.6596)	11.25 (19.333)	-1.6936 (5.2012)	330
2014	1 (6.9923)	13.25 (22.3368)	-2.0499 (6.7797)	330
2015	1.5 (6.115)	10.5 (19.3086)	-1.7336 (5.9025)	330

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

Tabla 12: Registros anuales de la estación de Tapia

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.7 (3.1823)	13 (22.0942)	-1.7656 (4.5292)	360
1986	0.7 (4.0968)	14.75 (22.1189)	-1.6167 (5.2601)	360
1987	0.7 (3.0962)	10.25 (24.5477)	-1.9266 (4.3046)	360
1988	0.8 (3.5646)	10 (19.8769)	-1.8688 (4.5358)	360
1989	0.8 (4.2543)	14 (26.8097)	-1.5931 (5.1201)	360
1990	0.9 (3.7159)	14 (22.6334)	-1.5629 (5.3611)	360
1991	0.8 (3.4303)	13.25 (23.337)	-1.7715 (4.6401)	360
1992	0.8 (3.154)	10.5 (26.8097)	-1.7029 (4.4391)	360
1993	0.8 (3.8793)	12.25 (22.0936)	-1.8383 (5.0839)	360
1994	0.9 (3.308)	9.5 (20.8777)	-1.6679 (5.1141)	360
1995	0.7 (3.2696)	11 (22.7386)	-1.8086 (5.1369)	360
1996	0.7 (3.684)	13.25 (20.6371)	-1.8308 (4.7546)	360
1997	0.7 (2.9524)	10 (21.7039)	-2.168 (4.2791)	360
1998	0.8 (3.4658)	9.25 (22.0629)	-1.6727 (4.8643)	360
1999	0.6 (3.5737)	13 (22.0707)	-1.8163 (4.728)	360
2000	0.7 (4.1293)	12.5 (22.3999)	-1.8266 (4.6204)	360
2001	0.7 (4.1288)	10.75 (20.1088)	-1.7049 (4.5756)	360
2002	0.7 (2.7662)	13.75 (21.2541)	-1.5438 (4.6084)	360
2003	0.9 (3.6329)	9.25 (23.6286)	-1.8145 (4.937)	360
2004	0.7 (3.3482)	10 (18.323)	-1.6743 (4.5738)	360
2005	0.7 (4.1574)	9 (22.0465)	-1.8822 (4.5774)	360
2006	0.7 (3.3049)	10.75 (23.5593)	-1.8993 (4.8058)	360
2007	0.6 (4.2145)	12.75 (23.2165)	-1.6471 (5.1827)	360
2008	0.7 (3.7753)	10.25 (21.6995)	-1.6516 (5.2834)	360
2009	0.8 (4.2619)	11.75 (20.1282)	-1.5439 (4.7667)	360
2010	0.7 (4.559)	9.5 (21.4123)	-1.6544 (5.8574)	360
2011	0.9 (3.0508)	13.75 (24.0836)	-1.8693 (4.5602)	360
2012	0.7 (3.4376)	11 (21.6184)	-1.802 (5.1238)	360
2013	0.8 (3.5885)	12.75 (21.9722)	-1.6553 (4.598)	360
2014	0.6 (4.2972)	13.5 (24.4104)	-2.0006 (6.1193)	360
2015	0.8 (3.7523)	12.25 (20.9541)	-1.8652 (5.2024)	360

Tabla 13: Registros anuales de la estación de Luarca

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.8 (5.1545)	12.5 (20.2748)	-1.4022 (5.432)	330
1986	1 (5.8273)	12.5 (21.0748)	-1.6141 (5.9799)	330
1987	0.8 (4.8447)	12.5 (22.3789)	-1.6824 (4.9816)	330
1988	0.8 (5.4664)	11.5 (20.4693)	-1.336 (5.3478)	330
1989	0.8 (5.8829)	13.75 (24.4778)	-1.3056 (5.7185)	330
1990	0.9 (5.9507)	12.5 (20.0795)	-1.5391 (6.1479)	330
1991	0.9 (5.2414)	12.5 (22.1284)	-1.681 (5.5751)	330
1992	1.3 (4.8382)	11.5 (20.2371)	-1.4449 (5.2979)	330
1993	0.9 (5.6726)	12.5 (21.1885)	-1.6572 (5.8745)	330

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

1994	0.9 (5.4175)	13.75 (19.1413)	-1.6372 (6.0095)	330
1995	1 (5.1751)	12.5 (21.0798)	-1.6714 (5.7598)	330
1996	0.7 (5.5764)	12.5 (21.556)	-1.7749 (5.5279)	330
1997	0.7 (4.8524)	13.75 (20.1506)	-1.7794 (5.0152)	330
1998	0.7 (5.6228)	12.5 (21.223)	-1.5905 (5.613)	330
1999	1 (5.5241)	11.5 (20.3185)	-1.6124 (5.6106)	330
2000	0.8 (5.6133)	12.5 (21.9642)	-1.7982 (5.5173)	330
2001	1 (5.4038)	10.5 (19.5327)	-1.3968 (5.426)	330
2002	0.9 (4.9829)	12.75 (19.9089)	-1.4853 (5.3711)	330
2003	0.8 (5.1673)	10.5 (22.4717)	-1.5948 (5.5681)	330
2004	1 (5.1172)	11.5 (18.6011)	-1.3499 (5.2915)	330
2005	0.9 (5.6492)	9.5 (20.3852)	-1.7805 (5.0815)	330
2006	1 (5.4912)	12.75 (21.7791)	-1.8409 (5.6978)	330
2007	0.7 (5.8805)	12.5 (20.6202)	-1.5814 (5.7559)	330
2008	1 (5.8926)	10.5 (20.0507)	-1.4382 (6.0974)	330
2009	1 (5.6995)	11.5 (20.3329)	-1.4267 (5.3655)	330
2010	0.9 (6.2122)	9.5 (20.6269)	-1.5464 (6.4579)	330
2011	1.2 (5.3198)	12.5 (22.2795)	-1.6855 (5.414)	330
2012	0.8 (5.464)	11.5 (19.925)	-1.7059 (5.6784)	330
2013	0.9 (5.3176)	12.5 (19.9042)	-1.5458 (5.5282)	330
2014	0.7 (6.164)	12.75 (21.8952)	-1.8968 (6.7541)	330
2015	0.9 (5.8443)	12.5 (19.8947)	-1.7361 (5.9138)	330

Tabla 14: Registros anuales de la estación de Avilés

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.8 (3.4276)	14.25 (22.5203)	-1.6729 (4.813)	30
1986	0.8 (4.2343)	14.25 (23.4758)	-1.5422 (5.4484)	30
1987	0.7 (2.8388)	12.25 (25.0931)	-1.8414 (4.4597)	30
1988	0.8 (3.899)	13 (21.1264)	-1.8709 (4.868)	30
1989	0.8 (4.2323)	14 (29.1391)	-1.6042 (5.4363)	60
1990	0.8 (4.0395)	14.25 (23.2376)	-1.6203 (5.7224)	60
1991	0.7 (3.465)	14 (24.811)	-1.6524 (4.9782)	30
1992	0.8 (2.9969)	13.25 (21.7447)	-1.6079 (4.8616)	30
1993	0.9 (3.6012)	14.25 (22.6142)	-1.7608 (5.278)	30
1994	0.8 (3.5697)	15.25 (21.5025)	-1.6041 (5.391)	30
1995	0.7 (3.3323)	14.25 (22.509)	-1.7491 (5.4427)	60
1996	0.8 (3.8041)	13 (21.9779)	-1.7729 (4.9606)	60
1997	0.7 (3.1257)	11.25 (22.832)	-2.1067 (4.6176)	60
1998	0.7 (3.7493)	14 (21.9236)	-1.7459 (5.0649)	30
1999	0.8 (3.626)	14.25 (22.6338)	-1.7591 (5.0407)	30
2000	0.8 (3.9825)	13 (23.5671)	-1.8043 (4.8935)	30
2001	0.8 (3.5261)	12 (21.049)	-1.7634 (4.82)	30
2002	0.7 (2.8203)	14.5 (22.0775)	-1.6169 (4.7545)	30
2003	1 (3.5354)	10.75 (24.4962)	-1.7451 (5.2487)	60
2004	0.8 (3.2586)	13.25 (19.9402)	-1.6343 (4.702)	30
2005	0.8 (4.259)	10.75 (22.9449)	-1.8912 (4.7193)	60

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

2006	0.9 (3.4937)	11.25 (23.5811)	-1.9136 (5.1628)	30
2007	0.8 (4.547)	14 (23.8076)	-1.5863 (5.4117)	30
2008	0.9 (4.0742)	12.25 (22.3223)	-1.6914 (5.5096)	30
2009	0.8 (3.9698)	13.25 (21.3566)	-1.596 (4.8978)	60
2010	0.7 (4.4301)	11.25 (23.6006)	-1.632 (6.0288)	60
2011	1.2 (3.3949)	14 (25.0124)	-1.8961 (4.9238)	30
2012	0.8 (3.3872)	13 (22.3193)	-1.8329 (5.0661)	30
2013	0.9 (3.4995)	13 (22.0543)	-1.6259 (5.0825)	60
2014	0.9 (4.4432)	14.25 (24.6684)	-1.968 (6.4166)	30
2015	0.7 (4.0697)	14 (22.1587)	-1.7894 (5.4575)	60

Tabla 15: Registros anuales de la estación de Candás

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.7 (4.369)	10.25 (21.8042)	-1.7205 (5.1322)	360
1986	0.7 (5.8604)	14.5 (21.6289)	-1.6906 (5.9282)	360
1987	0.5 (3.7602)	11 (24.9782)	-1.9759 (4.7506)	360
1988	0.9 (5.0578)	12.25 (21.8427)	-1.7116 (5.0335)	360
1989	0.7 (5.9162)	12.25 (25.1979)	-1.5612 (5.7741)	360
1990	1 (5.4572)	10.25 (22.1523)	-1.647 (6.0375)	360
1991	0.7 (4.2115)	10.25 (23.4164)	-1.876 (5.2805)	360
1992	0.9 (4.1507)	11 (21.79)	-1.8037 (4.8701)	360
1993	0.6 (4.8464)	12.25 (21.6334)	-1.9008 (5.6955)	360
1994	0.5 (4.5538)	10.25 (20.2684)	-1.6446 (5.6921)	360
1995	0.7 (4.4594)	9.25 (21.9399)	-1.9124 (5.8289)	360
1996	0.6 (5.5658)	12.25 (21.4965)	-1.9806 (5.326)	360
1997	0.5 (4.0496)	11 (21.7896)	-2.2415 (4.8288)	360
1998	0.6 (4.7438)	9.25 (21.9234)	-1.7554 (5.4309)	360
1999	0.8 (5.3186)	11 (22.4055)	-1.8348 (5.3308)	360
2000	0.8 (5.549)	12.25 (22.1388)	-1.9356 (5.0687)	360
2001	0.7 (4.8839)	10.25 (20.2689)	-1.6409 (5.1149)	360
2002	0.9 (3.8871)	13.5 (21.322)	-1.7256 (4.9995)	360
2003	0.6 (5.0441)	11 (24.4343)	-1.9529 (5.5079)	360
2004	0.6 (4.5754)	12.25 (19.0537)	-1.7664 (4.9907)	360
2005	0.6 (5.6938)	10.25 (21.8722)	-2.0714 (5.0549)	360
2006	0.7 (4.5959)	10 (23.7212)	-2.0802 (5.5271)	360
2007	1 (5.9044)	13.5 (22.6306)	-1.6854 (5.6545)	360
2008	0.7 (5.3854)	10.25 (21.619)	-1.6907 (5.9729)	360
2009	0.9 (5.6732)	12.25 (21.5604)	-1.556 (5.2658)	360
2010	0.7 (5.7313)	10.25 (21.6538)	-1.7397 (6.3428)	360
2011	0.9 (4.4728)	13.25 (23.5442)	-2.0341 (5.1817)	360
2012	0.6 (4.4618)	10.25 (21.8592)	-1.8965 (5.3382)	360
2013	0.7 (4.8899)	11.25 (21.2777)	-1.6503 (5.198)	360
2014	0.7 (6.2721)	13.5 (23.8177)	-2.0578 (7.0283)	360
2015	0.8 (5.3172)	12.5 (20.3742)	-1.9409 (5.827)	360

Tabla 16: Registros anuales de la estación de Ribadesella

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.8 (3.7459)	10.5 (21.1783)	-1.6554 (4.906)	360
1986	0.8 (4.971)	13.5 (21.3851)	-1.5695 (5.4618)	360
1987	0.8 (3.3828)	11.75 (23.1642)	-1.8466 (4.5692)	360
1988	0.8 (4.3713)	11.25 (21.0709)	-1.5506 (4.5821)	360
1989	0.9 (4.8785)	13.5 (24.749)	-1.3679 (5.3177)	360
1990	1.1 (4.7066)	13.5 (20.8614)	-1.5671 (5.6179)	360
1991	0.9 (3.957)	11.25 (22.1593)	-1.7714 (5.0416)	360
1992	1 (3.6015)	11.5 (20.9792)	-1.6025 (4.6859)	360
1993	0.8 (4.0776)	13.5 (21.2177)	-1.7911 (5.25)	360
1994	1 (3.972)	11 (19.888)	-1.6066 (5.3966)	360
1995	0.8 (3.8277)	10 (20.8312)	-1.8049 (5.3488)	360
1996	0.8 (4.8114)	12.5 (20.9566)	-1.8153 (4.9757)	360
1997	0.8 (3.6421)	11.5 (21.1218)	-2.0436 (4.7035)	360
1998	0.8 (4.2432)	10.25 (21.4174)	-1.6616 (5.034)	360
1999	0.8 (4.6372)	11.25 (20.9782)	-1.736 (5.0268)	360
2000	1 (4.5269)	10.75 (21.2724)	-1.7959 (4.8946)	360
2001	0.9 (4.106)	11.25 (19.47)	-1.4369 (4.8471)	360
2002	0.9 (3.5026)	13.25 (20.797)	-1.6335 (4.7986)	360
2003	0.9 (4.2768)	10.75 (23.1373)	-1.6628 (5.3096)	360
2004	0.8 (3.9903)	12.25 (18.5617)	-1.5285 (4.77)	360
2005	0.8 (4.7653)	10.5 (20.9947)	-1.9618 (4.6115)	360
2006	0.9 (4.0419)	11.25 (22.9873)	-1.9957 (5.1323)	360
2007	0.7 (4.9986)	13 (21.8284)	-1.5799 (5.3081)	360
2008	0.9 (4.6015)	10.75 (21.0401)	-1.6034 (5.5994)	360
2009	1 (4.8223)	11.5 (20.841)	-1.4448 (4.8778)	360
2010	0.9 (4.7572)	10 (20.8449)	-1.5845 (5.7176)	360
2011	1 (3.9919)	13.25 (23.1803)	-1.7453 (5.2182)	360
2012	0.9 (3.9611)	11.5 (19.9178)	-1.7881 (5.0621)	360
2013	1 (4.2178)	11.25 (20.2741)	-1.4792 (4.8886)	360
2014	0.8 (5.1994)	13.5 (23.3401)	-1.9704 (6.4084)	360
2015	1 (4.575)	10 (19.7857)	-1.8337 (5.361)	360

Tabla 17: Registros anuales de la estación de Llanes

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.9 (4.1591)	9.5 (21.2203)	-1.8035 (5.0884)	330
1986	1 (5.6756)	13.75 (20.5299)	-1.669 (5.7562)	330
1987	0.9 (4.0763)	10.75 (23.8864)	-1.915 (4.6942)	330
1988	1.1 (5.059)	9.75 (19.4767)	-1.6218 (4.8852)	330
1989	1 (5.882)	13 (21.5987)	-1.5168 (5.714)	330
1990	0.9 (5.5514)	12.5 (22.1659)	-1.6974 (6.006)	330
1991	0.9 (4.351)	11 (22.4124)	-1.8453 (5.4189)	330
1992	1.2 (4.1239)	10.75 (19.6439)	-1.7902 (4.7457)	330
1993	0.9 (4.6131)	11 (20.3066)	-1.9008 (5.4519)	330
1994	0.9 (4.4858)	9.25 (20.9053)	-1.8075 (5.7651)	330
1995	1 (4.3595)	8.25 (21.8396)	-1.8501 (5.7186)	330

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

1996	0.8 (5.772)	9 (19.4197)	-1.9152 (5.1871)	330
1997	0.8 (4.1207)	9.75 (20.3305)	-1.9187 (4.8627)	330
1998	1.1 (4.7293)	8.25 (21.5986)	-1.8342 (5.4157)	330
1999	1.1 (5.5209)	12 (20.3609)	-1.833 (5.1887)	330
2000	0.8 (5.2229)	11.5 (20.8568)	-1.9363 (5.0573)	330
2001	1 (4.7106)	9.75 (20.1238)	-1.8115 (5.0131)	330
2002	1 (4.2222)	12 (20.429)	-1.7087 (4.9884)	330
2003	0.9 (4.9104)	8.75 (23.6555)	-1.6716 (5.2655)	330
2004	0.9 (4.3173)	11.75 (18.1964)	-1.6616 (4.892)	330
2005	0.8 (5.3196)	8.25 (19.2728)	-2.0569 (4.8209)	330
2006	1 (4.5187)	9.25 (23.3002)	-2.0627 (5.4069)	330
2007	0.9 (5.6686)	12.25 (22.4703)	-1.6973 (5.5549)	330
2008	1 (5.1203)	9 (20.248)	-1.6582 (5.8903)	330
2009	1 (6.0818)	10.25 (20.8548)	-1.6934 (5.109)	330
2010	0.9 (5.3577)	8.25 (20.2027)	-1.6783 (6.0104)	330
2011	1.3 (4.6773)	12 (21.5132)	-1.8819 (5.3706)	330
2012	1 (4.3189)	9.5 (19.468)	-1.9103 (5.2347)	330
2013	0.9 (4.7557)	10 (21.5558)	-1.5784 (5.0685)	330
2014	1 (6.1152)	13.5 (23.8372)	-1.9948 (6.9183)	330
2015	1.1 (5.1719)	11.25 (19.8548)	-1.9649 (5.6542)	330

Tabla 18: Registros anuales de la estación de San Vicente

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	1.1 (4.5769)	11 (20.2204)	-1.4941 (5.2448)	330
1986	1.3 (5.996)	14.25 (20.1932)	-1.4746 (5.7746)	330
1987	1.1 (4.3855)	11.25 (21.1637)	-1.7274 (4.898)	330
1988	1.2 (5.5957)	11.25 (19.3107)	-1.4256 (5.0182)	330
1989	1.1 (6.3847)	12.75 (20.4607)	-1.2713 (5.7321)	330
1990	1.1 (6.0408)	13.25 (20.759)	-1.5202 (6.1672)	330
1991	1.2 (4.8891)	11 (22.2427)	-1.6971 (5.4602)	330
1992	1.5 (4.4178)	10.75 (19.462)	-1.5363 (4.9176)	330
1993	1.5 (4.9395)	13.5 (19.2529)	-1.6887 (5.4941)	330
1994	1.2 (5.1169)	10.75 (19.1367)	-1.5885 (5.8036)	330
1995	1.2 (4.7826)	11 (21.0295)	-1.6448 (5.8314)	330
1996	1.1 (6.1685)	11.25 (18.8239)	-1.5959 (5.3321)	330
1997	1.1 (4.696)	11.25 (20.124)	-1.6952 (5.1219)	330
1998	1.2 (5.2079)	10 (19.7178)	-1.5635 (5.6232)	330
1999	1.4 (6.0427)	11.25 (19.5164)	-1.5267 (5.3476)	330
2000	1.2 (5.774)	12.25 (20.1087)	-1.6663 (5.3111)	330
2001	1.2 (4.8961)	10.5 (18.8235)	-1.3874 (5.2248)	330
2002	1.3 (4.5697)	13.5 (19.4574)	-1.4821 (5.153)	330
2003	1.1 (4.9495)	10.5 (20.7353)	-1.4575 (5.5275)	330
2004	1.2 (4.4549)	12.25 (17.6256)	-1.3684 (5.0767)	330
2005	1 (5.61)	10.5 (19.1605)	-1.8943 (4.9046)	330
2006	1 (5.0304)	10.5 (22.392)	-1.9056 (5.4225)	330
2007	1.1 (6.1297)	13.25 (20.9022)	-1.4003 (5.8356)	330

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

2008	1.3 (5.6207)	11.5 (19.6644)	-1.3634 (5.982)	330
2009	1.4 (6.5872)	12.25 (19.661)	-1.3948 (5.2629)	330
2010	1.1 (5.7822)	10 (20.0522)	-1.4544 (5.9594)	330
2011	1.5 (5.1825)	13 (22.098)	-1.6422 (5.6586)	330
2012	1.1 (4.6573)	11.75 (19.0252)	-1.8283 (5.4579)	330
2013	1.3 (4.9281)	12.25 (19.9815)	-1.3463 (5.2018)	330
2014	1.2 (6.5799)	12.25 (21.9804)	-1.8563 (6.817)	330
2015	1.2 (5.4983)	12.25 (19.1101)	-1.6384 (5.5626)	330

Tabla 19: Registros anuales de la estación de Lien cres

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.9 (5.4603)	9.25 (20.8687)	-1.7406 (5.5422)	330
1986	0.9 (7.2961)	13.25 (20.9247)	-1.7491 (6.2717)	330
1987	0.8 (5.0659)	10.5 (23.2848)	-1.9388 (5.0243)	330
1988	1.1 (6.7215)	11.75 (19.4993)	-1.5894 (5.4494)	330
1989	1 (7.7021)	13 (21.7608)	-1.3992 (6.4529)	330
1990	0.9 (7.2304)	12.75 (21.7636)	-1.7069 (6.661)	330
1991	0.9 (5.4882)	10.25 (22.7268)	-1.8907 (5.6923)	330
1992	1.3 (5.2175)	11.25 (20.0052)	-1.7791 (4.9836)	330
1993	0.9 (5.669)	12.5 (20.7297)	-1.923 (5.8828)	330
1994	0.9 (5.7021)	10 (21.1112)	-1.7602 (6.0625)	330
1995	1 (5.4808)	10 (21.9037)	-1.8638 (6.2908)	330
1996	0.9 (7.5985)	11.5 (20.3093)	-1.869 (5.7856)	330
1997	0.8 (5.4009)	10 (21.0611)	-1.9094 (5.1311)	330
1998	0.9 (5.9976)	9.25 (21.0884)	-1.7397 (5.8301)	330
1999	1.2 (7.3642)	10.25 (21.4005)	-1.826 (5.7149)	330
2000	0.8 (6.8897)	11.25 (20.9525)	-1.9349 (5.4863)	330
2001	1 (5.7972)	10 (20.0076)	-1.5783 (5.3992)	330
2002	1 (5.356)	12 (20.6633)	-1.7346 (5.4653)	330
2003	0.9 (6.2045)	10 (22.2379)	-1.7034 (5.7182)	330
2004	0.9 (5.2016)	11.25 (18.0893)	-1.5813 (5.1219)	330
2005	0.8 (6.6849)	8.75 (19.7722)	-2.0719 (5.356)	330
2006	1 (5.6225)	10.25 (23.1354)	-2.1079 (5.9273)	330
2007	0.9 (7.3574)	11.5 (22.9018)	-1.6943 (6.1458)	330
2008	1.1 (6.5301)	9.25 (20.7546)	-1.6071 (6.381)	330
2009	1.1 (8.1076)	10.5 (20.7428)	-1.5908 (5.7159)	330
2010	0.9 (6.7912)	9 (20.5622)	-1.6591 (6.4967)	330
2011	1.3 (6.1775)	12.75 (22.3539)	-1.8359 (5.8548)	330
2012	0.8 (5.2721)	10 (20.3527)	-1.8105 (5.3849)	330
2013	0.9 (5.8884)	11.25 (20.7778)	-1.5861 (5.5897)	330
2014	1 (8.0496)	11.5 (23.191)	-1.9975 (7.8029)	330
2015	1.1 (6.9595)	11.75 (19.6675)	-1.9647 (6.1791)	330

Tabla 20: Registros anuales de la estación de Santander

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.6 (3.2577)	8.75 (20.4068)	-1.9037 (4.5581)	0

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

1986	0.6 (4.0208)	10.5 (19.6417)	-1.7622 (5.1063)	0
1987	0.6 (2.8563)	9 (17.4072)	-2.0102 (4.2448)	0
1988	0.6 (3.7398)	9.75 (17.8371)	-1.8688 (4.2762)	0
1989	0.6 (3.8368)	12 (18.6251)	-1.6674 (5.0141)	0
1990	0.8 (4.0189)	8.5 (20.9356)	-1.8588 (5.3518)	0
1991	0.6 (2.9693)	10.25 (20.5356)	-1.9808 (4.3487)	0
1992	0.7 (3.185)	10.75 (17.3766)	-1.8513 (4.105)	0
1993	0.8 (3.2444)	9.75 (21.383)	-2.0217 (4.6981)	0
1994	0.6 (2.924)	8.75 (18.5353)	-2.0437 (4.6732)	0
1995	0.6 (3.0084)	9 (19.6584)	-1.9815 (4.5892)	0
1996	0.7 (4.5796)	10.5 (17.5766)	-1.9691 (4.4494)	0
1997	0.6 (3.0556)	9.5 (18.5432)	-2.0077 (4.2291)	0
1998	0.7 (3.4163)	8.25 (19.0372)	-1.87 (4.6163)	0
1999	0.6 (4.1746)	11.25 (20.6691)	-1.8376 (4.6528)	0
2000	0.6 (3.5033)	8.75 (19.8619)	-1.996 (4.4176)	0
2001	0.7 (3.2383)	8 (18.4762)	-1.9098 (4.4692)	0
2002	0.7 (3.093)	8.75 (18.0713)	-1.7205 (4.4613)	0
2003	0.6 (4.3129)	9 (20.1901)	-1.8625 (4.3681)	0
2004	0.6 (3.1099)	8.75 (16.0871)	-1.772 (4.3598)	0
2005	0.6 (3.8897)	9 (17.0408)	-2.1633 (4.0304)	0
2006	0.7 (3.0941)	8.75 (17.698)	-2.1079 (4.6521)	0
2007	0.8 (4.0292)	10.25 (19.9599)	-1.8354 (4.9267)	0
2008	0.7 (3.6427)	9.5 (18.3212)	-1.864 (5.1326)	0
2009	0.6 (4.3167)	9 (20.3875)	-1.6689 (4.6848)	0
2010	0.6 (3.6133)	8.25 (17.866)	-1.8584 (5.1842)	0
2011	0.7 (3.4641)	9.25 (22.1265)	-1.9563 (4.4427)	0
2012	0.6 (2.8505)	9.5 (17.9311)	-1.8844 (4.3662)	0
2013	0.6 (3.4848)	10 (19.2689)	-1.803 (4.3488)	0
2014	0.6 (4.3684)	11 (22.6096)	-2.1065 (5.9051)	0
2015	0.7 (3.5098)	9.5 (16.9168)	-2.1025 (4.8783)	0

Tabla 21: Registros anuales de la estación de Castro Urdiales

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.7 (4.1745)	8.25 (20.1304)	-1.9767 (4.7281)	360
1986	0.7 (5.3821)	9 (20.0131)	-1.7128 (5.9308)	360
1987	0.6 (3.6341)	7.75 (19.3917)	-1.9506 (4.616)	360
1988	0.6 (5.9505)	9.5 (18.7738)	-1.8166 (5.526)	360
1989	0.6 (6.5524)	12 (20.9242)	-1.6965 (6.383)	360
1990	0.7 (5.3776)	9.25 (20.6278)	-1.7768 (5.8578)	360
1991	0.6 (4.9879)	8.75 (20.6481)	-1.8115 (5.079)	360
1992	0.7 (4.1887)	8.75 (17.9753)	-1.7783 (4.4403)	360
1993	0.9 (4.9714)	9.5 (18.3962)	-1.9185 (5.586)	360
1994	0.6 (4.6483)	9.25 (18.8209)	-1.9356 (5.121)	360
1995	0.9 (4.8665)	9 (19.3681)	-1.869 (5.723)	360
1996	0.7 (5.8852)	8.75 (19.4024)	-1.8455 (5.2135)	360
1997	0.5 (4.7175)	7.25 (19.4729)	-1.9197 (4.6741)	360

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

1998	1 (4.8518)	8.75 (22.0233)	-1.9184 (5.4083)	360
1999	1 (4.4461)	9 (21.1798)	-1.7401 (5.408)	360
2000	0.7 (5.3521)	10.25 (20.5441)	-1.8877 (5.395)	360
2001	0.7 (4.7372)	8.5 (19.076)	-1.9194 (5.322)	360
2002	0.8 (4.8049)	10.75 (20.254)	-1.8273 (5.2707)	360
2003	0.8 (4.5212)	8.25 (20.6938)	-1.9083 (5.6473)	360
2004	0.7 (4.3781)	8 (17.6725)	-1.7798 (5.0842)	360
2005	0.8 (5.0152)	7.5 (19.0987)	-2.0444 (4.5461)	360
2006	0.9 (4.5205)	9 (20.3526)	-2.104 (5.6599)	360
2007	0.7 (6.0429)	8.75 (19.0087)	-1.8015 (5.4497)	360
2008	0.8 (5.0141)	8.25 (18.3491)	-1.7402 (5.2905)	360
2009	0.8 (6.2332)	9.75 (19.5466)	-1.6378 (5.6883)	360
2010	0.6 (5.656)	7.25 (20.164)	-1.8911 (6.6702)	360
2011	0.8 (4.4719)	10.5 (20.7084)	-1.9314 (5.1813)	360
2012	0.6 (3.6535)	9.5 (17.3602)	-1.9195 (4.946)	360
2013	0.6 (4.6616)	9.5 (21.9584)	-1.7937 (4.4705)	360
2014	0.6 (6.1043)	10.25 (21.7763)	-2.0943 (6.9832)	360
2015	0.6 (5.1485)	9.5 (17.8786)	-1.9025 (5.4633)	360

Tabla 22: Registros anuales de la estación de Bermeo

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	0.9 (3.6409)	10.75 (17.6746)	-1.806 (4.4852)	330
1986	1.1 (4.167)	11.75 (17.4636)	-1.71 (5.2171)	330
1987	0.9 (3.3435)	11 (17.5687)	-1.9042 (4.3656)	330
1988	0.9 (4.4045)	9.75 (17.2661)	-1.9123 (4.6627)	330
1989	0.6 (4.8402)	11.75 (19.289)	-1.5504 (5.5514)	330
1990	1 (4.1886)	9.75 (19.6166)	-1.7227 (5.2614)	330
1991	0.9 (3.9747)	9.5 (18.4041)	-1.8448 (4.5308)	330
1992	1 (3.6663)	9 (16.5451)	-1.6009 (4.2069)	330
1993	1.1 (3.971)	11.75 (16.9951)	-1.8106 (5.0067)	330
1994	1 (3.8909)	9.5 (16.9953)	-2.0532 (4.6557)	330
1995	1 (3.9863)	10.75 (19.3881)	-1.8026 (4.9476)	330
1996	0.9 (4.3496)	9.75 (17.8244)	-1.8097 (4.8344)	330
1997	0.7 (3.8591)	10.75 (17.7634)	-1.8305 (4.2989)	330
1998	1.3 (3.9485)	8.5 (20.1201)	-1.8917 (4.8987)	330
1999	1.3 (3.7754)	9.75 (18.2139)	-1.7284 (4.8611)	330
2000	0.8 (4.1196)	10.75 (19.7813)	-1.7397 (4.8083)	330
2001	1.2 (3.8668)	11 (16.9698)	-1.8557 (4.9558)	330
2002	1 (3.8516)	12 (17.1668)	-1.7093 (4.7243)	330
2003	1 (3.7185)	10.75 (20.213)	-1.9788 (5.0929)	330
2004	0.9 (3.7943)	9.75 (16.1675)	-1.6169 (4.8567)	330
2005	0.9 (4.0042)	8.75 (17.9031)	-1.8691 (4.1528)	330
2006	0.8 (3.7781)	11.25 (18.144)	-2.1391 (4.9698)	330
2007	1 (4.4578)	9.75 (17.3167)	-1.6817 (5.1095)	330
2008	0.9 (4.0081)	9.25 (17.9869)	-1.6405 (4.9812)	330
2009	1 (4.6411)	10.75 (17.1834)	-1.438 (5.0654)	330

Anexo 2: Base de datos de registros anuales

2010	1 (4.3835)	9.25 (17.1649)	-1.7953 (5.6179)	330
2011	1.1 (3.6934)	11 (18.4365)	-1.8094 (4.6801)	330
2012	0.8 (3.3588)	9.25 (16.0601)	-1.7323 (4.6313)	330
2013	0.9 (3.859)	10.75 (18.9533)	-1.643 (4.4129)	330
2014	1 (4.514)	12.25 (20.7677)	-2.0394 (6.0234)	330
2015	0.9 (4.047)	8.5 (16.5544)	-1.7656 (4.785)	330

Tabla 23: Registros anuales de la estación de Zumaya

Año	Hs	Tp	TWL	Dir waves
1985	1.2 (3.7915)	10.25 (17.6359)	-1.8063 (4.7026)	330
1986	1.3 (4.6153)	9 (17.642)	-1.7425 (5.295)	330
1987	1 (3.497)	9 (17.4057)	-1.8789 (4.3986)	330
1988	1.3 (4.8151)	9.25 (17.6957)	-1.9696 (4.7361)	330
1989	1.1 (5.4323)	11.25 (19.0529)	-1.521 (5.6572)	330
1990	1.4 (4.4623)	9.75 (19.447)	-1.6366 (5.5725)	330
1991	1.1 (4.2435)	9.75 (18.9835)	-1.6936 (4.9241)	330
1992	1.2 (3.811)	9.25 (16.672)	-1.5374 (4.2814)	330
1993	1.3 (4.2011)	11.25 (16.6398)	-1.7016 (4.9854)	330
1994	1.1 (4.1241)	11 (17.5481)	-1.9193 (5.0475)	330
1995	1.3 (4.2686)	9.5 (19.0915)	-1.7494 (5.3308)	330
1996	1.1 (4.7558)	9.5 (17.4588)	-1.6661 (4.8514)	330
1997	0.9 (4.1873)	10.75 (17.3328)	-1.7111 (4.5477)	330
1998	1.5 (4.1467)	9.75 (19.8811)	-1.9418 (5.0992)	330
1999	1.5 (4.1699)	10 (18.6004)	-1.651 (5.0423)	330
2000	0.9 (4.3767)	10.25 (18.8548)	-1.7022 (5.1043)	330
2001	1.4 (4.1953)	9 (18.0177)	-1.9401 (5.0746)	330
2002	1.2 (4.3183)	11.25 (17.1799)	-1.7579 (4.9433)	330
2003	1.3 (4.278)	9.75 (19.6725)	-1.8786 (5.3641)	330
2004	1.1 (3.874)	9.25 (16.3844)	-1.6666 (4.9232)	330
2005	1.2 (4.2084)	9 (18.5982)	-2.0046 (4.4453)	330
2006	1 (4.2294)	10.75 (18.1721)	-2.0502 (5.0282)	330
2007	1.1 (4.82)	10 (17.6667)	-1.6031 (5.2473)	330
2008	1.1 (4.1898)	11.5 (17.6667)	-1.6241 (5.0214)	330
2009	1.1 (4.924)	9.5 (17.3478)	-1.4726 (5.1645)	330
2010	1.1 (4.9594)	9 (17.2792)	-1.7626 (5.7768)	330
2011	1.3 (4.0337)	10.25 (18.8966)	-1.7652 (5.0675)	330
2012	0.9 (3.6261)	11 (16.1207)	-1.6358 (4.9501)	330
2013	1.1 (3.9614)	10.25 (18.849)	-1.5795 (4.5391)	330
2014	1.2 (4.9398)	11.25 (21.4962)	-2.0233 (6.2248)	330
2015	1.1 (4.2945)	9.5 (15.8822)	-1.6882 (4.8146)	330

Tabla 24: Registros anuales de la estación de San Sebastián

Anexo 3: Base de datos de registros anuales

Fecha	Comunidad	Localización	Titular	Resumen de la noticia, nota de prensa o informe	Tipo de peligro	Información de daños	Cuantificación del daño	Fuente de recopilación	Enlace a la fuente
jun-77	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	58.274.120€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
ago-83	País Vasco, Cantabria	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	812.578.404€ en indemnizaciones en País Vasco y 7.174.625€ en Cantabria	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
oct-84	Galicia	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	43.312.128€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
jul-88	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	52.658.541€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
31/1/90	Galicia, Cantabria, País Vasco	Camarifas (La Coruña), San Sebastián, Santander, Somo	Fallecen cuatro marineros en la 'costa de la muerte' a causa del fuerte temporal	Cuatro marineros fallecieron el día anterior en Camarifas por el temporal. En la noticia se habla también de las consecuencias de dicho temporal, caracterizado por oleaje, en otras localidades de norte peninsular.	Oleaje, marea alta	Camarifas: 4 marineros ahogados. San Sebastián: 20 personas heridas. Santander: rotura de las cristaleras del restaurante La Concha y 2 bomberos heridos. Somo: daños en bajos.	Sin especificar	Periódico El País	https://elpais.com/diario/1990/01/31/espana/633740419_850215.html
jun-92	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	38.231.157€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
jun-97	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	110.658.615€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
ago-02	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	25.429.395€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
nov-06	Galicia	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	33.574.934€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
jun-08	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	65.601.979€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
jun-10	Asturias	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	45.677.317€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
nov-11	País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación	Sin especificar	54.055.107€ en indemnizaciones	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Cobertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
6/1/14	Galicia (Pontevedra)	Cabo Silleiro	Una ola para la historia	Una ola de 11,5 metros de altura significativa fue registrada en la boya de Cabo Silleiro (Pontevedra) el día 6 de enero. La altura máxima de las olas individuales alcanzaba los 20 metros. El temporal de los últimos días había generado fuerte agitación y onda larga en los puertos atlánticos (incluidos Canarias) con periodos extremadamente largos (picos de 20 segundos y medios de 14). Coincidió con marea viva.	Oleaje, marea alta	Sin especificar	Sin especificar	Periódico El País	https://elpais.com/ccaa/2014/01/08/galicia/1389182020_306995.html?rel=mas

Anexo 3: Hemeroteca de temporales

ene-14	Galicia	Costa gallega	El temporal causa daños en Galicia por valor de más de 1,2 millones de euros	Portos de Galicia valora los daños causados por el temporal en el litoral gallego en las semanas anteriores (desde Nochebuena) en más de 1,2 millones de euros. Esta cantidad se refiere a las reparaciones de instalaciones de uso portuario y no a las estructuras fijas (diques y espaldones) ya que estos no habían podido ser valorados aún.	Sin especificar	Daños en instalaciones portuarias de uso cotidiano	1, 2 M€	Periódico El País	https://elpais.com/ccaa/2014/01/10/galicia/1389368945_546180.html
ene-14	Galicia (La Coruña y Pontevedra)	Valdoviño, Dumbria, Laxe, Ortigueira	La Xunta cifra en más de 8 millones los daños sufridos por el temporal	En 8 millones de euros (4,2 estimados por Portos de Galicia hasta el 25 de febrero y otros 4 de la Axencia Galega de Infraestructuras) se calculaban los daños por los temporales que habían golpeado la costa gallega desde mediados de diciembre sin contar la última ciclogénesis que tuvo lugar en Carnaval. En la noticia también se habla de que el Consejo de Ministros había aprobado el 21 de febrero una partida extraordinaria de 44 millones de euros para paliar los destrozos que el invierno había generado en Galicia, Asturias y Cantabria.	Viento, oleaje, lluvia	Daños en paseos y accesos a playas (en Dumbria y Laxe), playa (en Sansenxo), rampa (en Vigo), escollera (en Villanova). Pérdidas para pesqueros y mariscadores.	Galicia: 8M€ Galicia, Asturias y Cantabria: 44 M€	Periódico El País	https://elpais.com/ccaa/2014/03/05/galicia/1394041593_288885.html
feb-14	Asturias, Cantabria, Galicia y País Vasco	Sin especificar	La cobertura de los riesgos extraordinarios en España (año 2018)	El evento, recogido en un informe, está entre las mayores siniestralidades por las que el CCS ha pagado indemnizaciones.	Inundación y embate del mar	Sin especificar	21.700.399€ en indemnizaciones (corresponde también al temporal de enero)	Consorcio de Compensación de Seguros	https://www.conorseguros.es/web/documents/10184/35211/Coertura_Riesgos_Extraordinarios/7c2721bf-890b-435c-8ffa-8c2a58fc664d
feb-14	Asturias, Cantabria, Galicia y País Vasco	Costa de Cantabria	El Consorcio de Seguros destina 20 millones a indemnizaciones por el temporal cantábrico	En la noticia se habla del dinero que pagará el Consorcio de Seguros a las Comunidades del Norte de España por los daños causados por el temporal de viento y oleaje que tuvo lugar durante los primeros días del mes.	Viento, oleaje	Sin especificar	País Vasco: 17 M€ Cantabria: 2 M€ Asturias: 1,2 M€ Galicia: 800.000 €	Periódico 20 minutos	https://www.20minutos.es/noticia/2053298/0/consorcio-seguros/destina-20-millones/indemnizaciones-temporal-cantabrico/
feb-14	Galicia	Costa gallega	El temporal en Galicia	Galería de fotos del temporal en Galicia en 2014	Viento, oleaje	Desaparición de un joven, daños en embarcaciones (Aldán), tejado del club de Tennis (Baiona), destrozo de mobiliario urbano y de la balaustrada del paseo marítimo de La Coruña, cortes en carreteras	La Coruña: 700.000 €	Periódico El País	https://politica.elpais.com/politica/2014/02/06/album/1391712012_716760.html#foto_gal_1
feb-14	Asturias, Cantabria, Galicia y País Vasco	Nigrán, O Grove, Sansenxo, Navia, Llanes, Castro Urdiales, Mendea y Sukarrieta	El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente inicia nuevas obras para reparar los daños causados por los temporales en Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco	Se inician actuaciones en diversas localidades del litoral norte español para reparar los daños causados por los temporales. Las obras están enmarcadas en el Real Decreto Ley aprobado el 21 de febrero que contempla un presupuesto para actuaciones del MAGRAMA de casi 44 M€.	Sin especificar	Nigrán (Pontevedra): daños en el paseo marítimo y en el muro. O Grove, Sansenxo (Pontevedra): accesos a playa de A Lamzada deteriorados. Navia (Asturias): daños en playa de Llosera. Llanes (Asturias): daños en escaleras y barandilla de playa de Ballota. Castro Urdiales (Cantabria): daños en barandillas de la playa de Ostende. Mendexa (Vizcaya): Daños en el paseo marítimo de la playa de Karraspio. Sukarrieta (Vizcaya): Daños en muro y solarium de playa de Toña.	Nigrán (Pontevedra): 586.121€ O Grove, Sansenxo (Pontevedra): 22.000€ Navia (Asturias): 12.100€ Llanes (Asturias): 18.150€ Castro Urdiales (Cantabria): 26.400€ Mendexa (Vizcaya): 821.621€ Sukarrieta (Vizcaya): 20.000€	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente	https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/140331obrasiniciadasreparaciondostemporalescostas_tcm30-285927_tcm30-480479.pdf
3/3/14	Cantabria	Santander, Somo, Santoña, San Vicente de la Barquera, Comillas	El temporal más fuerte de los últimos 30 años	Destrozos generados por el temporal de marzo de 2014 en Cantabria. Se enumeran cantidad de daños sobre infraestructuras en la noticia. A las 18h se junto la pleamar con potentes olas, fuertes vientos y una tromba de agua (llegando a granizar en algunos puntos de Cantabria). Recuerda el temporal acontecido el día 2 del mes anterior cuando a las 6h golpeó con fuerza el litoral causando grandes destrozos.	Oleaje, viento, granizo	Santander: socavón y grieta en el muro de El Sardinero, grandes daños en el restaurante "El Parque", agua en los portales y garajes de García Lago. Somo: caen las terrazas de la urbanización "El Delfín", junto a la playa de Las Quebrantas (siete terrazas ya habían caído el sábado) Santoña: se levantaron parte de las piedras y losetas del paseo marítimo (a la altura del Fuerte de San Martín). San Vicente de la Barquera: los negocios estaban preparados para no sufrir inundaciones como en el temporal anterior. Comillas: el agua no derribó muros como en el temporal anterior.	Sin especificar	Periódico El Diario Montañés	http://www.eldiariomontanes.es/20140303/local/cantabria-general/apoyo-temporal-seguridad-alerta-201403031243.html

Anexo 3: Hemeroteca de temporales

3/3/14	Asturias	Puerto de Cudillero, Puerto de Viavélez (El Franco), Luanco, Puerto de Tazones (Villaviciosa)	El temporal en Asturias provocó nuevos daños en 10 puertos	El temporal marítimo deja daños en 10 de los 17 puertos de titularidad autonómica de Asturias. A algunos puertos aún no se había podido acceder para ver los daños en las infraestructuras en el momento en el que se redactó la noticia.	Viento, oleaje, inundaciones	Puerto de Cudillero: el mar se llevó 30 metros de espaldón (en el temporal de febrero ya había perdido 50 metros), grietas en la estructura de arcos y en el aglomerado. Puerto de Viavélez (El Franco): daños en el dique exterior, destrozados en el aglomerado, acera y muro. Puerto de Luanco: rotura de la puerta de acceso a pantaneros, cuadro eléctrico y fingers. Puerto de Tazones (Villaviciosa): se quemó el cuadro eléctrico.	Los daños del primer fin de semana de febrero en los puertos autonómicos del Principado se cuantificaron en 5,4 M€ por el gobierno regional.	Periódico La Nueva España	http://www.lne.es/asturias/2014/03/04/temporal-amaia-asturias-nivel-alerta/1551794.html
8/2/16	Galicia	Navia, La Coruña, A Mariña	El fuerte temporal marítimo dejó olas de casi 12 metros	Una borrasca en el Atlántico originó el día anterior olas de casi 12 m en Estaca de Bares. El oleaje, coincidiendo con la pleamar, causó la desaparición de un niño en Navia. En La Coruña, el paseo marítimo tuvo que ser cerrado, al igual que en A Mariña. En la noticia se anuncia también que se activa la alerta naranja en todo el litoral gallego.	Viento, oleaje, marea alta	Pérdida de vida humana en Navia e inundación del paseo marítimo en La Coruña y en A Mariña	Sin especificar	Periódico La Voz de Galicia	https://www.lavozdegacia.es/noticia/galicia/2016/02/09/fuerte-temporal-maritimo-dejo-olas-12-metros/0003_201602G9P8994.htm
26/12/17	Cantabria	Cantabria	Bruno' llega a Cantabria con fuertes rachas de viento y copiosas nevadas	La noticia habla de que se esperan fuertes rachas de viento y oleaje. Santander activó el dispositivo de temporal y, entre otras cosas, cerró el tráfico de coches y peatones del final de Manuel García Lago (Chiqui) y desde la glorieta del Doctor Gregorio Marañón en las horas inmediatas a la pleamar. La alerta naranja por fenómenos costeros comenzaba ese día a las 21h alargándose hasta el día siguiente a la misma hora.	Viento, oleaje	Sin especificar	Sin especificar	Periódico El Diario Montañés	http://www.eldiariomontanes.es/cantabria/llega-bruno-cantabria-20171225221402-nt.html
28/12/17	Cantabria	Cantabria	La borrasca Bruno amaina, aunque se continua con alerta naranja	Se anuncia alerta naranja en el litoral de Cantabria, durante la tarde de ese mismo día, debido a que los fuertes vientos del oeste que producirán olas de unos 4 metros. En la noticia se habla de que el día anterior (miércoles) ha habido vientos con rachas de hasta 113km/h (Tresviso) y 110km/h en la costa (Santander). En la noticia también se destaca que, gracias a que el coeficiente de marea era muy bajo, el mar no pudo adentrarse tanto en tierra generando daños como en anteriores ocasiones.	Viento	Muros caídos, contenedores arrastrados, desplome de postes y árboles (alguno sobre coches), tejas rotas, ramas.	Sin especificar	Periódico El Diario Montañés	http://www.eldiariomontanes.es/cantabria/borrasca-bruno-amaia-20171228083340-nt.html
10/1/18	Cantabria	Costa de Cantabria	Cantabria vuelve a estar hoy en alerta naranja, pero esta vez por grandes olas	Aemet preveía viento del oeste o suroeste combinado con mar del noroeste con olas de 5 a 7 metros, pudiendo llegar a ser de entre 7 y 8 metros en la tarde de ese mismo día. La alerta abarcaba desde las 17h de ese mismo día (miércoles) hasta las 21h del viernes.	Viento, oleaje	Sin especificar	Sin especificar	Periódico El Diario Montañés	http://www.eldiariomontanes.es/cantabria/cantabria-volvera-estar-20180109164543-nt.html
17/1/18	Cantabria	Laredo, Castro Urdiales, Somo, San Vicente de la Barquera, Santoña, Piélagos	Las olas invaden los paseos marítimos	El temporal marítimo causa importantes daños en varias localidades de Cantabria, especialmente en la costa oriental. La boyo Augusto G. Uinares (fondeada en Cabo Mayor) llegó a registrar una ola de 10,08 metros.	Oleaje, marea alta	Espigones reventados (San Vicente de la Barquera, Comillas y Santander), paseos marítimos anegados (Laredo y Castro Urdiales), hundimiento de barcos pequeños (Castro Urdiales).	Sin especificar	Periódico El Diario Montañés	https://www.eldiariomontanes.es/santander/santander-registra-olas-20180117115104-nt.html
17/1/18	Cantabria	Puntal de Laredo	El temporal causa estragos de nuevo en el Puntal de Laredo	Las olas causaron daños en un aparcamiento de la zona utilizado habitualmente en la época estiva. Según lo que aparece en la noticia el agua impactó sobre el mismo "mordiéndolo" un trozo de explanada y llenando todo de arena.	Oleaje	Daños en un aparcamiento	Sin especificar	Periódico El Diario Montañés	http://www.eldiariomontanes.es/cantabria/temporal-causa-estragos-20180119204337-ntvo.html

Tabla 25: Hemeroteca sobre temporales e impactos